COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS ET C[ie], QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55.

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

PUBLIÉS,

CONFORMÉMENT A UNE DÉCISION DE L'ACADÉMIE

EN DATE DU 13 JUILLET 1835,

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

TOME CENT-QUATRE-VINGT-SEPTIÈME.

JUILLET — DÉCEMBRE 1928.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS et Cie, IMPRIMEURS-LIBRAIRES

DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

Quai des Grands-Augustins, 55.

1928

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 2 JUILLET 1928.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE HAMY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** adresse ampliation du décret en date du 24 juin 1928 qui porte approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Louis Blaringhem** pour occuper dans la Section de Botanique la place vacante par le décès de M. *L. Guignard*.

Il est donné lecture de ce décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **L. Blaringhem** prend place parmi ses Confrères.

GÉODÉSIE. — *Sur diverses particularités relatives à la mesure de l'arc de méridien des Alpes françaises*. Note de M. **P. Helbronner**.

Les calculs de la mesure de l'arc de méridien que j'ai envisagé du Nord de la Norvège au Sahara étant terminés et les résultats devant faire prochainement l'objet de communications à l'Académie, relatives d'une part à l'établissement des divers segments et d'autre part aux contributions appor-

tées à la détermination d'une section méridienne de la Figure de la Terre, il m'a semblé intéressant de résumer au préalable diverses conditions un peu nouvelles au moyen desquelles j'ai réalisé cette détermination : trois de ces conditions feront l'objet de la présente Note, la première touchant la jonction des divers segments des triangulations utilisées, la seconde relative aux méthodes adoptées pour la fixation d'un azimut de départ, la troisième s'adressant à l'établissement des distances séparant les points extrêmes de chaque segment.

En ce qui concerne la jonction des divers segments des triangulations utilisées, je m'étais aperçu que les errements suivis jusqu'à ce jour pour l'établissement de la mesure d'un arc se développant sur plusieurs États limitrophes, c'est-à-dire au moyen de triangulations fondamentales différentes, dépassaient souvent très largement dans les précautions prises la limite utile des précisions requises pour le but recherché. Il sautait notamment aux yeux que le soin mis à identifier aux environs du cent-millième de la longueur, en général, les côtés communs aux limites des divers segments, s'il était tout à fait légitime au point de vue théorique, ne cadrait pas avec l'aléa existant toujours dans l'état actuel de la Science, du fait de l'impossibilité de discriminer, dans la détermination des latitudes astronomiques des points formant relais des segments, la part provenant de la forme effective théorique de l'ellipse méridienne, et la part revenant à l'attraction des masses orographiques superficielles ou géologiques internes. Toutes les déterminations que je possédais, soit par mes propres opérations, soit par les publications des États étrangers, me confirmaient que l'adoption des latitudes astronomiques apportait ordinairement une cause de perturbation d'une valeur supérieure à celle qui résultait de la différence des latitudes conclues des ellipsoïdes théoriques les plus différents. Or, dans l'impossibilité de se passer des mesures astronomiques indispensables, qui, pour la plus grande part, basent les études de la forme de la Terre, il fallait, pour rendre individuellement moins nocives les perturbations qui les affectent, accumuler la plus grande quantité possible de documents, c'est-à-dire de segments, dans l'espoir de racheter par le calcul des probabilités et la loi des grands nombres l'imprécision de chaque segment individuel.

J'ai donc ainsi, successivement, fait rentrer dans ma mesure les résultats dépourvus de tout accord de base publiés officiellement, comme ceux de la Suisse, de l'Italie, de l'Allemagne, du Danemark, de la Suède et de la partie méridionale de la Norvège, ou comme ceux qui me furent très aimablement communiqués manuscrits par M. le major Klingenberg, chef du

Service géodésique de Norvège pour toute l'importante partie septentrionale de ce pays non encore publiée, ou par M. le général Bellot, directeur du Service géographique de l'Armée française, pour la Méridienne de Gabès traversant la Tunisie du Nord au Sud.

En ce qui concerne les observations délicates nécessaires à la fixation d'un azimut de départ, notamment pour le segment des Alpes françaises, j'ai pensé qu'il était inutile d'en effectuer de spéciales et qu'il était rationnel de profiter des résultats obtenus au cours de nombreuses recherches exécutées au sujet des instruments de l'Observatoire du Mont Gros à Nice, en incorporant dans mon réseau fondamental les centres des lunettes des cercles méridiens de Gautier et de Brunner que possède cet établissement et dont les *Annales de l'Observatoire* (1) ont publié minutieusement les données permettant de tenir compte des corrections appliquées à la fixation des azimuts des diverses mires méridiennes correspondantes. J'ai donc occupé pendant une quinzaine de jours de l'automne 1926 deux stations près des deux appareils méridiens de l'Observatoire, de façon à introduire dans le réseau fondamental de ma Chaîne méridienne des Alpes les directions précises de l'alignement Nord-Sud de ces instruments. Le détail de ces opérations devant être publié très complètement dans le Tome IX de la *Description géométrique détaillée des Alpes françaises*, il suffit d'indiquer ici que la correction définitive moyenne à apporter aux azimuts géodésiques s'est élevée à + 36 secondes centésimales.

D'autre part, ayant rattaché les côtés et les azimuts de la triangulation fondamentale suisse à la Méridienne des Alpes, j'ai pu introduire comme nouvelles données les observations astronomiques effectuées à cinq stations du réseau de la Confédération qui ont fait ressortir les écarts suivants entre les azimuts astronomiques directement observés par les ingénieurs du Service topographique fédéral et les azimuts découlant de la continuation sur le territoire suisse de l'enchaînement géodésique de la Méridienne de Savoie : à la Dôle + 29",06; à Naye + 105",58; à Suchet + 22",75; à Berra + 86",89; à Chasseral + 33",88, chiffres dont la variabilité tient surtout aux déviations locales de la verticale et dont la moyenne arithmétique s'établit à + 56 secondes centésimales, cadrant dans une mesure très suffisante avec la moyenne des valeurs trouvées à l'Observatoire de Nice.

Enfin, ayant recherché dans les côtés communs de la Méridienne des Alpes avec ceux de la triangulation fondamentale italienne, un troisième

(1) *Annales de l'Observatoire de Nice*, 6, 1897, p. DLVIII et suiv.

terme de comparaison, j'ai obtenu entre les valeurs de l'Institut militaire géographique de Florence et celles résultant de l'enchaînement géodésique de la Méridienne des Alpes prolongé sur le territoire italien une différence de + 50 secondes centésimales au Grand Rubren et de + 43 secondes au Tournairet, soit une moyenne de + 47 secondes.

En conséquence j'ai adopté pour la correction à apporter dans la mesure de l'arc de méridien à l'azimut de départ tiré de la Chaîne Méridienne française des Alpes une valeur moyenne de + 50 secondes centésimales, correction destinée d'ailleurs uniquement à l'angle de projection des lignes géodésiques sur le méridien adopté pour le calcul de l'arc.

En ce qui concerne, enfin, le calcul des longueurs des lignes géodésiques dont la projection sur le méridien constitue les différents segments de l'arc, j'ai été amené à utiliser dans un grand nombre de cas une méthode qui, sans être probablement nouvelle, n'a cependant pas jusqu'ici été considérée comme classique à côté de celles servant à l'établissement de ces longueurs, c'est-à-dire les méthodes dites par segments, par rabattements et par projections (1).

J'ai en effet utilisé à plusieurs reprises une quatrième méthode basée sur l'emploi de triangles auxiliaires : elle consiste à effectuer, en partant toujours de la même origine du segment, une série de calculs aboutissant à la détermination successive de lignes directes joignant le sommet origine à des sommets de plus en plus éloignés jusqu'à celle constituant la liaison finale avec le sommet situé à l'extrémité opposée. Chaque fois, les données du triangle servant au calcul sont un côté extrait directement de la triangulation et le côté obtenu dans le calcul précédent, lequel permet également la fixation de l'angle compris, dont il faut avoir soin de défalquer le tiers de l'excès sphérique correspondant au triangle mis en œuvre. En opérant ainsi sur deux enchaînements complètement indépendants, extraits de la chaîne compensée, on obtient une vérification par la coïncidence des deux valeurs finales de la longueur et de l'azimut de la ligne joignant les deux sommets extrêmes. En exemple je donnerai ci-après les résultats des séries des triangles auxiliaires, ayant servi par deux enchaînements complètement indépendants à la mesure de la longueur Ripaille-Porquerolles :

---

(1) Voir Ct R. Bourgeois, *Cours de Géodésie et d'Astronomie de Position du Service géographique*, 1905, p. 248. Dans le récent *Traité de Géodésie*, 1928, du même auteur, reprenant celui publié par Faye, il n'est même plus question que des deux méthodes par segments et par projections.

Premier enchaînement.

	m
Ripaille-Môle	32135,21
Ripaille-Colloney	49626,83
Ripaille-Fours	75578,75
Ripaille-Roignais	84998,73
Ripaille-Thabor	142475,30
Ripaille-Bric Froid	173672,98
Ripaille-Cheiron	289210,20
Ripaille-Moulin Paillas	352992,64
Ripaille-Porquerolles	377786,92

Azimut Ripaille-Porquerolles $= 196^G 4191'',71$

Deuxième enchaînement.

	m
Ripaille-Grand Mont	84922,24
Ripaille-Belle Cote	102864,47
Ripaille-Dent-Parrachée	124660,58
Ripaille-Goléon	144081,79
Ripaille-Pelvoux	166418,20
Ripaille-Grand Rubren	200581,57
Ripaille-Pouzenc	215212,39
Ripaille-Ténibres	237582,00
Ripaille-Grand Coyer	255495,08
Ripaille-Mourre de Chanier	283932,98
Ripaille-Sainte Baume	343994,54
Ripaille-Coudon	361396,06
Ripaille-Porquerolles	377786,94

Azimut Ripaille-Porquerolles $= 196^G 4192'',00$

Soit une différence entre les deux enchaînements de 2^{cm} en longueur totale et de 29 centièmes de seconde en azimut pour une distance atteignant près de 400^{km}.

PHOTOMÉTRIE. — *Méthode générale de mesure de l'absorption d'un échantillon de diffuseur.* Note (1) de M. ANDRÉ BLONDEL.

Une sphère en substance translucide diffusante de rayon r ou de surface S contenant une source qui produit un flux F donne lieu sur sa surface intérieure à deux flux (2) : le flux d'éclairement centrifuge Φ_e, le flux de radiance centripète Φ_r, et laisse sortir un flux F'. Si l'on appelle a, τ, σ, ρ les facteurs d'absorption, de transmission diffuse, de réflexion spéculaire et diffuse, en supposant nulle la transmission régulière, μ un coefficient de perte de flux par occultation par la source ou par sa monture, on a, sans aucune hypothèse, les équations suivantes :

(1) $F' = \tau\Phi_e$ par définition de τ,

(2) $F' = (1-\mu)F - a\Phi_e$
(3) $F' = \Phi_e - \Phi_r$ } par le principe de conservation.

(1) Séance du 25 juin 1928.

(2) Cf. *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 1781.

On en tire les expressions des trois flux inconnus en fonction de F,

$$F' = F\frac{\tau}{\tau + a}(1 - \mu), \tag{4}$$

$$\Phi_e = \frac{F}{\tau + a}(1 - \mu), \tag{5}$$

$$\Phi_r = \frac{1 - \tau - a}{\tau + a}F(1 - \mu) \tag{6}$$

sans aucune hypothèse sur la loi de la radiance. Pour calculer l'éclairement intérieur E, en un point m, il faut faire une telle hypothèse; ce n'est intéressant que pour le cas d'une sphère intégrante (lumenmètre) opaque et dépolie intérieurement et diffusant suivant la loi de Lambert, d'où $\sigma = \tau = 0$. On a alors

$$E = \frac{I}{r^2} + \frac{\Phi_r}{S} = \frac{I}{r^2} + \frac{(1 - \mu')}{1 - \rho}\frac{\rho F}{S} \tag{7}$$

et, si la source I est masquée par un petit écran par rapport au point m,

$$E = \frac{F}{S}\frac{(1 - \mu')}{1 - \rho}\rho. \tag{8}$$

Si l'on n'a dans la sphère aucune source, mais seulement un flux F pénétrant du dehors par une petite ouverture, la même expression reste applicable. Elle l'est encore si le flux F est produit dans la sphère par diffusion d'un petit échantillon de diffuseur plan ou peu courbe (découpé dans un globe), illuminé par un faisceau projeté sur lui à travers l'ouverture précitée, pourvu qu'on protège la plage éclairée en m contre les rayons directs de l'échantillon par un petit écran suspendu dans la sphère et recouvert du même enduit mat diffusant que la sphère.

L'éclairement E est mesuré sur une petite plage photométrique formée d'un verre diffuseur étalonné encastré dans la sphère au point m, par exemple un disque de 20 à 30^{mm} de diamètre, qu'on observe à l'aide d'un brillancemètre ou qui éclaire un photomètre mobile sur un banc photométrique. L'ouverture d'introduction du flux est placée dans le même plan horizontal, dans une autre direction, décalée de 90 à 180° par rapport à la première.

Il n'est pas nécessaire d'étalonner cet ensemble parce qu'on opère pour comparaison, en concentrant un même pinceau lumineux provenant d'une lanterne de projection extérieure, tantôt sur l'échantillon étudié, tantôt

sur la sphère, après enlèvement de l'échantillon sans rien changer à la lampe et au faisceau qu'elle produit (1).

L'équation (8) est alors remplacée par (9)

$$E' = \frac{F_0}{S} \frac{\delta}{i - \rho} (1 - \mu') \tag{9}$$

en appelant F_0 le flux du pinceau lui-même. On en déduit

$$\frac{E}{E'} = \frac{F}{F_0},$$

en admettant négligeable la petite modification de μ' dans ces deux expériences. Le rapport $\frac{F}{F_0}$ correspond, suivant les cas, à divers facteurs caractéristiques de l'échantillon.

Si l'échantillon est translucide et encastré dans l'ouverture, $\frac{F}{F_0} = \tau$;

Si l'échantillon est translucide et suspendu librement (2) dans la sphère, $\frac{F}{F_0} = 1 - a$;

Si l'échantillon est translucide et occulté par une plaque noire, $\frac{F}{F_0} = \rho + \sigma$;

Si l'échantillon est opaque et suspendu dans la sphère, $\frac{F}{F_0} = \rho + \sigma$.

En définitive, une petite sphère intégrante permet de mesurer les facteurs caractéristiques de la diffusion, sous des angles variés, car on peut changer soit l'orientation et l'échantillon dans le premier cas considéré, soit la direction du pinceau incident par l'orientation de la lanterne.

Cette méthode est analogue, d'ailleurs, à celle que j'ai décrite antérieurement pour la mesure de l'absorption des instruments d'optique (3).

---

(1) Par exemple, la sphère de $0^m,50$ de diamètre reçoit un faisceau de 200 lumens concentré sur un échantillon de 20^{mm} placé au centre.

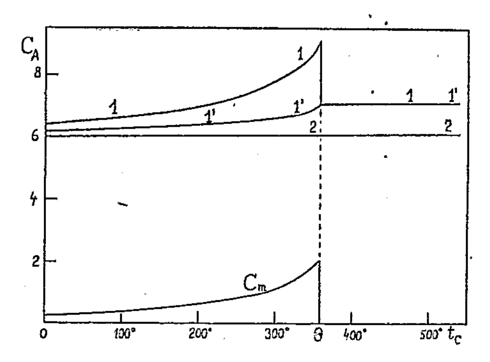
Le faisceau est réglé de manière à former sur l'échantillon l'image entière de la source très concentrée employée : lampe pointolite au filament spiralé court et gros.

(2) Par un cadre étroit dans lequel il est enchâssé.

(3) Cf. *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 739.

MAGNÉTISME. — *Sur la chaleur spécifique du nickel au-dessus du Point de Curie.* Note (¹) de M. **Pierre Weiss.**

La courbe 1,1 représente, entre 0° et 550°, le produit de la chaleur spécifique vraie du nickel par sa masse atomique. Cette chaleur atomique C_A a été ramenée à sa valeur à volume constant. Elle a aussi été corrigée de la dégénérescence quantique. On a utilisé pour ce tracé des mesures très pré-



cises de la chaleur spécifique moyenne dont on a déduit la chaleur spécifique vraie (²). Ces données ont été confirmées récemment par des mesures directes de la chaleur spécifique vraie (³).

Pour dégager la part du ferromagnétisme dans cette chaleur atomique nous la comparons à celle du cuivre, représentée par la courbe 2,2. Cette dernière est empruntée à l'étude de Schübel (⁴) qui s'étend de 0° à 600°. Les chaleurs atomiques du cuivre sont, elles aussi, ramenées au volume constant et corrigées de la dégénérescence quantique. La courbe du cuivre, extrapolée au zéro absolu, donne très approximativement la valeur théorique 5,96. La chaleur atomique du cuivre croît lentement avec la température, probablement à cause de l'accession progressive de nouveaux degrés de liberté.

On connaît un des effets du ferromagnétisme sur la chaleur spécifique : pour détruire l'aimantation spontanée il faut fournir une chaleur de désai-

---

(¹) Séance du 25 juin 1928.

(²) Pierre Weiss, A. Piccard et A. Carrard, *Arch. Sc. phys. et nat.*, 43, 1917, p. 114.

(³) Mme Ch. Lapp, *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 1104.

(⁴) *Zeitsch. anorg. Chem.*, 87, 1914, p. 81.

mantation. Il en résulte, dans la chaleur spécifique, un terme magnétique C_m, calculable à partir des mesures d'aimantation en s'appuyant sur la théorie du champ moléculaire. Les expériences de Mme Lapp (*loc. cit.*) ont donné un contrôle précis de ce terme par l'identité de la discontinuité au Point de Curie, observée et calculée.

Si l'on retranche ce terme, représenté en C_m au bas de la figure, la chaleur atomique restante est donnée par 1',1'. L'excès de 1',1' sur 2,2 est une autre manifestation du ferromagnétisme qui avait déjà été entrevue [1], mais dont je me propose de préciser ici le caractère. Cet excès, faible aux basses températures, croît progressivement jusqu'au point de Curie Θ, pour demeurer ensuite constant comme il résulte du tableau suivant :

	Courbe 1'.	Courbe 2.	Différence.
363°	7,11	6,06	1,05
400	7,11	6,07	1,04
450	7,13	6,08	1,04
500	7,14	6,10	1,04
550	7,17	6,12	1,05

La chaleur atomique du nickel au-dessus du Point de Curie présente le même accroissement lent que celle du cuivre. Leur différence est constante et égale, au degré de précision des mesures, *à la part de la chaleur atomique* 0,993 *correspondant à l'énergie cinétique d'un degré de liberté.*

L'erreur possible sur cette différence provient, outre les erreurs sur les chaleurs spécifiques mesurées qui sont faibles, des erreurs sur les réductions à volume constant. Ces corrections croissent avec la température; à 363°, elles sont de 0,4 environ pour l'un et l'autre métal. Elles exigent la connaissance des coefficients de dilatation et de compressibilité. Les premiers sont bien connus. (Cuivre : HENNING, *Ann. d. Phys.*, 22, 1907, p. 631; nickel : CHEVENARD, *Comptes rendus*, 174, 1922, p. 109.) Le coefficient de compressibilité du cuivre a été déterminé par Grüneisen (*Ann. d. Phys.*, 33, 1910, p. 1239), à diverses températures jusqu'à 165° et peut être extrapolé sans grande incertitude jusqu'à 550°. La compressibilité du nickel n'est connue qu'à la température ordinaire (GRÜNEISEN, *Ann. d. Phys.*, 25, 1908, p. 825); j'ai admis que sa variation thermique est celle du module d'Young. Si l'erreur est égale à la moitié de cette variation thermique, il en résulte une erreur de 2,5 pour 100 sur la différence des chaleurs atomiques.

La correction de la dégénérescence quantique a été faite au moyen de la formule de Debye (*Ann. d. Phys.*, 39, 1912, p. 789), en admettant, pour la température caractéristique figurant dans cette formule, $\theta = 309°$ pour le cuivre (DEBYE, *loc. cit.*) et

(1) PIERRE WEISS, A. PICCARD ET A. CARRARD, *Arch. des Sc. phys. et nat.*, 43, 1917, p. 212.

$\theta = 380^o$ pour le nickel (d'après les expériences de M[me] Lapp aux températures de l'air liquide). Cette correction, de l'ordre de 1 pour 100 à 400° pour l'un et l'autre métal, ne donne pas lieu à une incertitude notable.

On sait que le moment atomique du nickel au zéro absolu est de 3 magnétons, et à température élevée, de 8 magnétons. Il paraît vraisemblable que l'acquisition de la chaleur spécifique supplémentaire soit liée au changement de moment atomique. Le quatrième degré de liberté réaliserait donc un cas où l'agitation thermique pénétrerait à l'intérieur de l'atome.

Les chaleurs spécifiques des autres ferromagnétiques, fer, cobalt, magnétite, ont les mêmes propriétés générales que celles du nickel, mais on manque des données numériques précises nécessaires pour la discussion.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les points critiques et la trempe martensitique des fontes au nickel et au nickel-chrome.* Note (¹) de MM. **Léon Guillet, Galibourg** et **Ballay.**

Le refroidissement rapide des fontes, à partir de l'état liquide, qui conduit à l'état labile ferrite et cémentite, est généralement appelé trempe. Les fontes sont également susceptibles de prendre l'état martensitique, dans les mêmes conditions que les aciers, par chauffage au-dessus du point de transformation et refroidissement brusque. Les deux sortes de trempes, très différentes, peuvent être appelées : trempe primaire et trempe secondaire (ou martensitique); elles peuvent d'ailleurs se produire l'une et l'autre au cours du premier refroidissement d'un moulage.

La présente Note a trait à la trempe martensitique des fontes et plus particulièrement des fontes contenant du nickel ou du nickel et du chrome.

Les essais ont porté sur une gamme de fontes contenant 3,2 à 3,4 pour 100 de carbone total et 0,90 pour 100 de phosphore avec des teneurs variables en silicium, manganèse, nickel et chrome. Les fontes étudiées ont été préparées au creuset, chauffées et coulées à la même température dans des conditions rigoureusement identiques. Les points critiques ont été déterminés par la méthode thermique différentielle au galvanomètre double Saladin-Le Chatelier, sur des échantillons prismatiques de $20 \times 15 \times 40^{mm}$ semblablement prélevés dans les pièces coulées.

Deux vitesses de refroidissement ont été utilisées.

1° Refroidissement lent dans le four. Vitesse moyenne de refroidissement (v) dans l'intervalle 950°-450°; 8 à 10° par minute;

(¹) Séance du 25 juin 1928.

2° Refroidissement rapide dans le four par soufflage d'air. Vitesse moyenne de refroidissement (V) dans l'intervalle 950°-450° : 250° par minute.

Les échantillons ont été chauffés à 940°; cette température a été atteinte en 30 à 35 minutes.

La position des points critiques est donnée dans le tableau ci-dessous.

Dans ce tableau sont également portées les différences de dureté Brinell entre un échantillon ayant subi le traitement indiqué en tête de la colonne et un échantillon brut de coulée. Une valeur négative correspond à un adoucissement apporté par le traitement. Les essais de dureté ont été faits sous 500^{kg} avec une bille de 5^{mm} de diamètre sur des échantillons prismatiques de $8 \times 10 \times 18^{mm}$. La température de 925° a été maintenue 5 minutes avant la trempe à l'air.

Numéros des fontes.	Composition chimique.				Température de transformation (1).			Augmentation de dureté relativement à l'état coulé.		
						Refroidissement.				
	Mn.	Si.	Ni.	Cr.	Échauffement.	Vitesse v.	Vitesse V.	Revenu à 500° 45′ après coulée.	Trempé à 925° air calme.	Trempé à 925° air soufflé.
1..	0,24	1,10	0,07	0	795	760	735		+ 2	+ 23
2...	0,24	1,17	1,02	0	780	740	715		+ 51	+ 54
3...	0,24	2,11	0	0	820	780	720		− 20	− 16
4...	0,23	2,06	1,0	0					0	+ 5
5...	0,24	2,08	1,96	0	790	735	670		− 8	+ 2
6...	0,21	0,74	4,02	0	720	650	<350 (2)	− 33	+ 58	+ 58
7...	0,22	0,96	5,40	0,14	700	610	<350 (2)	−100	− 21	− 30
8...	0,61	1,08	0	0	780	730	715	0	+ 30	+ 44
9...	0,63	1,14	1,09	0	770	710	690	0	+ 56	+115
10 (3).	0,59	1,27	2,06	0	760	680	<350 (2)	−12	+150	+192
11...	0,57	1,61	0	0	810	760	735		+ 21	+ 32
12...	0,57	1,61	0,99	0					+ 21	+ 61
13...	0,57	1,70	1,98	0	780	710	645 et <350 (2)		+ 47	+133
14...	0,59	2,08	0	0	825	770	730	0	+ 8	+ 10
15...	0,61	2,07	1,03	0					+ 18	+ 21
16...	0,62	2,04	2,06	0	795	725	660	0	+ 79	+103
17...	0,61	1,17	0,62	0,21					+ 33	+ 21
18...	0,63	1,08	1,07	0,46					+ 30	+ 35
19...	0,61	1,17	2,01	0,65	765	690	<350 (2)		+142	+153
20...	0,61	1,79	2,14	0,70					+108	+142

(1) Température de plus grande vitesse de transformation.

(2) Au-dessous de 350° la température de transformation n'est pas indiquée de manière très précise par la méthode thermique.

(3) La teneur en C total de cette fonte est seulement 2,58 pour 100.

Ces résultats, ainsi que de nombreux essais de dureté exécutés sur des échantillons de plus grande masse que les précédents, conduisent aux conclusions suivantes :

1° Le silicium élève la température de transformation et augmente la vitesse critique de trempe. Il diminue par suite l'aptitude à la trempe martensitique. On sait qu'il diminue de même l'aptitude à la trempe primaire, par suite de précipitation du carbone à l'état de graphite.

2° Entre 0,20 et 0,65 pour 100, le manganèse abaisse légèrement la température de transformation. Il influe sur la vitesse critique de trempe qu'il abaisse très nettement. Il semble agir beaucoup sur la dureté après trempe secondaire. Dans les mêmes limites de teneurs, le manganèse n'a, par contre, qu'une action insignifiante sur la trempe primaire.

3° Le nickel abaisse la température de transformation et la vitesse critique de trempe. Il permet d'obtenir le rejet de la transformation au-dessous de 350°. Il agit donc très favorablement sur la trempe secondaire alors que, facilitant la précipitation du graphite, il diminue l'aptitude à la trempe primaire.

4° Le chrome, ajouté à une fonte au nickel, diminue la vitesse critique de trempe et a, par suite, comme dans les aciers, une forte influence sur la trempe secondaire. Par voie de conséquence, il augmente la pénétration de trempe martensitique.

5° Ces essais permettent d'envisager l'utilisation industrielle de fontes au nickel et au nickel-chrome, très résistantes à l'usure, de deux catégories :

a. Fontes facilement usinables après moulage et susceptibles de durcir par chauffage vers 900° et refroidissement à l'air calme ou à l'air soufflé suivant la masse des pièces.

La fonte n° 19 du tableau ci-dessus donne par exemple :

État brut de coulée : $\Delta = 245$ ($\Delta =$ dureté Brinell sous 3000^{kg} avec une bille de 10^{mm} de diamètre);

État trempé à l'air à 925° : $\Delta = 395$.

b. Fontes analogues aux aciers auto-trempants, dures après coulée mais pouvant être facilement usinées après un recuit de courte durée à 650°. Après usinage, ces fontes à grande pénétration de trempe pourraient être fortement durcies par chauffage vers 900° et refroidissement à l'air.

En présentant à l'Académie l'Ouvrage intitulé *Applications de la Géométrie à la stabilité des constructions*, par D. Wolkowitsch, Ouvrage dont il

a écrit la *Préface*, M. **d'Ocagne** tient à signaler que cet Ouvrage constitue un essai des plus originaux d'emploi systématique de la méthode géométrique dans l'étude des systèmes hyperstatiques, d'où résulte à la fois une simplification notable dans l'établissement des propriétés déjà connues et le moyen d'obtenir aisément nombre de propriétés nouvelles.

NOMINATIONS.

M. **Léon Guillet** est adjoint à la délégation de l'Académie à la cérémonie d'inauguration du *Monument élevé au Maréchal Foch*, le samedi 7 juillet, à Cassel.

MM. **Gustave Ferrié**, **Henri Abraham**, **Charles Maurain**, **René Mesny**, **Robert Bureau**, **Philippe Le Corbellier**, **Léon Bouthillon**, **Bernard Salomon**, **Paul Brenot** sont désignés pour faire partie de la délégation française à l'Assemblée générale que l'Union internationale de radiotélégraphie scientifique doit tenir à Bruxelles du 10 au 15 septembre 1928.

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

La prévision des cyclones de la mer des Antilles et du golfe du Mexique.
Mémoire présenté par M. **Ch. Laforest-Duclos** (Extrait.)

Cette prévision est basée sur l'ensemble des phénomènes atmosphériques, tels que les conçoit l'auteur :

Convection Polaire-Équatoriale de l'air, *inévitable* par suite de la grande différence de température entre ces deux régions.

Convection régulière entre les tropiques, engendrant la régularité des alizés, par suite du parallélisme presque complet des méridiens dans cette région.

Troubles multiples sur les zones tempérées, par suite du resserrement des méridiens convergeant vers les pôles, resserrement qui gêne les

courants de retour aux pôles et masque en partie la convection polaire, cependant inévitable par suite des différences de température.

Par suite de la prédominance des mers sur les continents (72 pour 100), par suite de la régularité des alizés soufflant sur la zone torride des deux hémisphères « *Le voisinage de l'équateur est le lieu principal de génération et de concentration des vapeurs du Globe* ».

Par condensation lente, résultat de la progression en latitude, due à l'entraînement par les courants de retour au pôle, elles donnent des pluies plus ou moins abondantes.

Par condensation rapide elles engendrent les tempêtes.

Le vide que tend à produire cette condensation est la seule cause capable d'expliquer rationnellement les dépressions et les vitesses des vents des grands ouragans.

Pour prévoir les tempêtes, il faut prévoir les causes de concentration et de condensation rapide des vapeurs.

Les ouragans sont des phénomènes absolument irréguliers, ils viennent donc de causes essentiellement variables.

Dans la nature les forces d'attraction seules sont essentiellement variées, donc elles participent à la génération des tempêtes.

L'auteur prétend donc que « *tous les phénomènes que nous observons dans notre atmosphère sont engendrés par l'action combinée des trois grandes forces qui s'exercent sur le Globe terrestre : la chaleur solaire, l'attraction de la Lune et celle du Soleil* ».

Si faible qu'on puisse supposer l'action de ces deux dernières forces unies à la chaleur solaire qui fournit l'énergie, elles sont seules capables de tout expliquer.

L'idée de cette action combinée des trois forces est nouvelle; elle n'a encore jamais été examinée.

L'opinion basée sur *l'inaction absolue des forces d'attraction*, assez répandue dans le monde savant, est sans fondement. La seule apparence de base est le Chapitre V, Titre IV, Tome II de la *Mécanique céleste*. Elle est sans valeur.

Le Mémoire montre que le théorème traité par Laplace n'est nullement le cas de l'atmosphère terrestre. Le grand géomètre n'a point fait erreur, car il conclut : Nous ignorons l'effet produit sur l'atmosphère... sur un fluide aussi mobile de très petites causes peuvent avoir de très grands effets (surtout si l'on y ajoute l'action solaire). D'ailleurs de très grands savants indiqués au Mémoire ont admis sans objections les bases du système adopté.

Le soulèvement de la marée atmosphérique active l'évaporation; le

maximum de vapeur doit donc se trouver sur la trajectoire du maximum du soulèvement et au voisinage du maximum de température.

La côte nord de l'Amérique du Sud, orientée sensiblement du Sud-Est au Nord-Ouest, est à peu près perpendiculaire aux alizés dirigés du Nord-Est au Sud-Ouest. Cette côte est longée par le courant marin qui, après avoir franchi l'Atlantique sous l'équateur, va du cap Saint-Roques au golfe du Mexique. Elle est donc un lieu d'extrême concentration de vapeur et par suite aussi un lieu extrêmement fréquent de génération de cyclone.

Les cartes de la brochure que le Navy-Department de Washington a bien voulu faire envoyer à l'auteur par le Weather Bureau, à la suite d'une Communication faite il y a quelque temps, montre la remarquable exactitude de ces considérations.

On arrive ainsi aux fonctions

$$f = \frac{chr\psi}{0,44 + (y - l)}$$

c, chaleur du courant déduit de la déclinaison du Soleil (formule FAYE, *Astronomie*);
h, coefficient de la marée océanienne, justifié au Mémoire;
r, refroidissement dû aussi à la position du Soleil;
ψ, variation en 24 heures de la déclinaison de l'axe d'attraction;
y, déclinaison de cet axe;
l, latitude d'un point de la côte américaine déterminé par le système des zones méridiennes. Différence prise toujours (+);
f, calculé chaque jour représente la force, ou tendance, au cyclone. Si elle dépasse une valeur déterminée il y a cyclone.

Cette fonction appliquée aux années 1923 et 1922, les dernières de la brochure américaine, donne des résultats qui ne peuvent laisser, à un esprit impartial, aucun doute sur la réalité du système.

CORRESPONDANCE.

M. W. VERNADSKY, élu Correspondant pour la Section de Minéralogie, adresse des remercîments à l'Académie.

M. FRÉDÉRIC SWARTS, élu Correspondant pour la Section de Chimie, adresse des remercîments à l'Académie.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Tables annuelles de constantes et données numériques de Chimie, de Physique, de Biologie et de Technologie*, publiées, sous le patronage de l'Union de Chimie pure et appliquée, par le Comité international nommé par le VIIe Congrès de Chimie appliquée (Londres, 2 juin 1909). Secrétaire général : Ch. Marie; volume VI, années 1923-1924, deuxième partie.

2° *Note sur le climat de l'Indochine*, par P. Carton.

3° Jakob Eriksson. *Die Pilzkrankheiten der Garten- und Parkgewächse.*

4° *Approximations successives et équations différentielles*, par Émile Cotton (Fascicule XXVIII du *Mémorial des Sciences mathématiques*).

5° E. Cartan. *Leçons sur la géométrie des surfaces de Riemann.* (Présenté par M. E. Borel.)

6° *Faune de France.* 18. *Diptères* (*Nématocères*). *Chironomidæ.* III. *Chironomariæ*, par M. Goetghebuer. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

7° *Isaac Roberts' Atlas of 52 regions, a guide to Herschel's Fields*, par Mrs Isaac Roberts. (1 fascicule et 1 atlas. Présentés par M. Deslandres.)

8° *Sur les fonctions de Bessel à plusieurs variables et leurs applications en mécanique*, par M. Akimoff. (Présenté par M. Appell.)

TOPOLOGIE. — *Démonstration élémentaire du dernier théorème de Poincaré.* Note (1) de M. **B. de Kerékjártó**, transmise par M. Hadamard.

Par la méthode qui nous a servi dans notre Note précédente (2), nous allons déduire le théorème suivant énoncé par Poincaré et démontré d'une façon ingénieuse par M. Birkhoff (3).

Si une transformation topologique d'une couronne limitée par deux circonférences concentriques fait avancer les points sur la frontière extérieure dans le sens positif, ceux sur la frontière intérieure dans le sens négatif, si de plus la transformation n'a pas de point invariant, il y a un contour simple c dont l'image (directe ou inverse) se trouve à l'intérieur du contour c.

---

(1) Séance du 21 mai 1928.

(2) *Comptes rendus*, **186**, 1928, p. 1699.

(3) *Acta mathematica*, **47**, 1925, p. 297-311.

Soient (r, φ) les coordonnées polaires d'un point de la couronne : $1 \leqq r \leqq 2$, $0 \leqq \varphi < 2\pi$; désignons par $r' = \mathrm{R}(r, \varphi)$, $\varphi' = \theta(r, \varphi)$ les coordonnées de son image; soit $\theta(r, \varphi)$ déterminé de telle manière que pour un point de la circonférence $r = 2$, on ait $\varphi < \theta(2, \varphi) < \varphi + 2\pi$. Nous pouvons supposer que $|\theta(r, \varphi) - \varphi|$ soit inférieur à $\frac{\pi}{4}$ dans toute la couronne. [Autrement, nous considérons la transformation $r'' = \mathrm{R}(r, n\varphi)$, $\varphi'' = \frac{1}{n} \cdot \theta(r, n\varphi)$, où n désigne un entier positif assez grand.]

Soient x, y des coordonnées cartésiennes dans le plan (x, y) et posons $y = r$, $x = -\varphi + 2k\pi$ $(k = 0, \pm 1, \pm 2, \ldots)$. A la couronne correspond la bande $-\infty < x < +\infty$, $1 \leqq y \leqq 2$, et à la transformation donnée une transformation de la bande qui est périodique en x de période 2π.

Dans la bande, soit donné un arc simple d'extrémité $\mathrm{B}(x = 0, y = 1)$; parcourons cet arc à partir de B jusqu'au premier point pour lequel le chemin parcouru b et son image c se rencontrent; soit a l'image inverse de b. On voit aisément que a et c n'ont aucun point en commun et que ou bien a aboutit dans son extrémité au côté droit de b, ou bien b aboutit dans son extrémité au côté gauche de a (voir la Note citée).

Soient l_0, $l_{2\pi}$, $l_{-2\pi}$ les segments $1 \leqq y \leqq 2$, $x = 0, 2\pi, -2\pi$; parcourons l_0 à partir de B jusqu'au premier point P pour lequel BP et son image se rencontrent; soit P′ l'image (directe ou inverse) de P qui appartient à BP. Un côté du *segment libre* PP′, que nous appelons son *côté libre*, est extérieur aux domaines bornés déterminés dans la bande par BP et par ses images directe et inverse. Nous déterminons un *point fondamental* B_1 sur PP′ tel que la perpendiculaire sur PP′ menée de B_1 vers le côté libre rencontre son image avant de rencontrer l'image directe ou inverse de PP′.

Soit ε la distance minimum d'un point quelconque à son image; soit η $\left(0 < \eta < \frac{\varepsilon}{2}\right)$ un nombre tel que pour deux points quelconques dont la distance est inférieure à η, leurs images soient en distance $< \frac{\varepsilon}{2}$ l'une de l'autre. On peut déterminer le point fondamental B_1 de telle façon qu'il soit éloigné de P et de P′ de plus de η.

Soit P_1 le premier point de la perpendiculaire sur PP′ menée de B_1 pour lequel le segment $\mathrm{B}_1\mathrm{P}_1$ et son image se rencontrent. Soit P'_1 l'image (directe ou inverse) de P_1 appartenant à $\mathrm{B}_1\mathrm{P}_1$. Sur le segment libre $\mathrm{P}_1\mathrm{P}'_1$, nous déterminons un point fondamental B_2 en distance $> \eta$ de P_1 et de P'_1; menons la perpendiculaire sur $\mathrm{P}_1\mathrm{P}'_1$ à partir de B_2 vers le côté libre, etc.

Désignons par l l'un quelconque des trois segments l_0, $l_{2\pi}$, $l_{-2\pi}$, et par

l^1, l^{-1} l'image directe et inverse de l; nous pouvons supposer (en modifiant au besoin très peu l) que l et l^{-1} *n'ont qu'un nombre fini* (nécessairement impair) *de points d'intersection*. Désignons par $H_1, H_2, \ldots, H_k$ ceux de ces points rangés par valeurs croissantes de y, pour lesquels aucun des segments $H_iH'_i$ ne contient deux points correspondants par la transformation et par $H'_1, H'_2, \ldots, H'_k$ leurs images. (Les segments $H_iH'_i$ peuvent empiéter.) Pour fixer les idées, supposons que H_1 soit inférieur à H'_1; ces deux points sont les mêmes que ceux que nous avons désignés plus haut par P' et P.

Sous ces conditions, une partie initiale de la ligne brisée $B_1B_2\ldots$ construite ci-dessus est contenue dans le rectangle entre l_0 et $l_{2\pi}$ et comme elle ne peut pas aboutir aux lignes $y=1$ et $y=2$, elle rencontrera l_0 ou $l_{2\pi}$. Du premier point de rencontre, nous montons ou nous descendons sur $l(=l_0$ ou $l_{2\pi})$ jusqu'au premier point pour lequel la ligne brisée et son image se rencontrent; l'une au moins des deux possibilités dont nous disposons conduira à l'un des cas suivants : 1° le segment libre obtenu sur la ligne brisée tourne son côté libre vers l'intérieur du rectangle entre l_0 et $l_{2\pi}$; 2° le segment libre obtenu est l'un des segments $H_iH'_i$, et tourne son côté libre vers l'extérieur du rectangle entre l_0 et $l_{2\pi}$.

Dans le cas 1°, nous continuons la construction de la ligne $B_1B_2\ldots$ de la façon décrite plus haut; comme celle-ci doit quitter une fois définitivement le rectangle entre l_0 et $l_{2\pi}$, nous arriverons après un nombre fini de pas au cas 2°. Dans ce cas, selon que le segment $H_iH'_i$ auquel aboutit la ligne $B_1B_2\ldots$ se trouve sur l_0 ou sur $l_{2\pi}$, nous prenons le segment congruent $H_iH'_i$ sur $l_{2\pi}$ ou sur l_0 et, en partant de ce segment libre, nous continuons la construction de la ligne $B_1B_2\ldots$ de la même façon.

Après un nombre fini de pas, on a l'un des deux cas suivants : 1° il y a entre l_0 et $l_{2\pi}$ une partie b_1 de la ligne construite $B_1B_2\ldots$ qui joint un segment $H_iH'_i$ de l_0 avec le segment congruent de $l_{2\pi}$; à la ligne b_1 à laquelle nous ajoutons une partie de $H_iH'_i$, correspond dans la couronne un contour simple c séparant les deux frontières, et sans point commun avec son image; 2° il y a entre l_0 et $l_{2\pi}$ une partie b_1 de la ligne construite, partant du segment $H_iH'_i$ de l_0, et une partie b_2 aboutissant au segment congruent $H_iH'_i$ de $l_{2\pi}$, qui se croisent; nous composons des parties de b_1 et de b_2 une ligne qui joint le segment $H_iH'_i$ de l_0 avec le segment congruent de $l_{2\pi}$, sans croiser b_1 et b_2; à la ligne composée de ces parties de b_1 et de b_2 et d'une partie de $H_iH'_i$, correspond dans la couronne un contour simple c séparant les deux frontières et ne rencontrant pas son image.

C. Q. F. D.

L'extension donnée par M. Birkhoff s'obtient par le même raisonnement. Notre méthode donne, en outre, un théorème général sur les domaines de la transformation d'une surface arbitraire.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'unicité des solutions des équations aux dérivées partielles.* Note de M. **Alfred Haar**, présentée par M. Hadamard.

Considérons l'équation aux dérivées partielles $q=f(p, z, x, y)$ où, suivant l'habitude, p, q désignent les dérivées premières de la fonction $z(x, y)$. Si les dérivées premières du second membre $f(p, z, x, y)$ vérifient la condition de Lipschitz, la théorie classique des caractéristiques fournit une solution se réduisant pour $y=0$, $x_1 \leqq x \leqq x_2$ à une fonction $\varphi(x)$ arbitrairement donnée

$$z(x, 0)=\varphi(x) \tag{1}$$

à condition que la fonction $\varphi(x)$ admette dans l'intervalle (x_1, x_2) une dérivée seconde continue. Il résulte aussi de cette théorie que l'équation proposée ne possède aucune autre solution *dérivable deux fois* et satisfaisant à la condition (1). La condition soulignée joue un rôle essentiel dans la théorie des caractéristiques, car pour établir les équations différentielles des caractéristiques on fait appel à cette dérivabilité en cause de sorte que, *a priori*, il n'est pas impossible qu'il existe une seconde solution, dérivable celle-là une fois seulement, et vérifiant la condition (1).

Ces considérations m'ont conduit à examiner si l'unicité de la solution est assurée sous la seule hypothèse — inhérente à la nature du problème — que la solution admette des dérivées premières. Dans cet ordre d'idées, nous sommes arrivés à démontrer le théorème suivant :

Théorème. — *Supposons que la fonction $f(p, z, x, y)$ soit continue dans le domaine*

$$x_1 \leqq x \leqq x_2, \qquad 0 \leqq y \leqq y_0, \qquad z_1 \leqq z \leqq z_2, \qquad p_1 \leqq p \leqq p_2,$$

et que, par rapport aux dernières variables, on ait la condition de Lipschitz

$$|f(p, z, x, y)-f(\bar{p}, \bar{z}, x, y)| \leqq \mathrm{L}|p-\bar{p}|+\mathrm{M}|z-\bar{z}|.$$

Supposons, en outre, que $\varphi(x)$ et sa dérivée $\varphi'(x)$ vérifient au sens strict les inégalités

$$z_1<\varphi(x)<z_2, \qquad p_1<\varphi'(x)<p_2,$$

pour $x_1 \leqq x \leqq x_2$. Dans ces conditions, $|\delta|$ étant un nombre suffisamment petit,

deux solutions de l'équation donnée, qui satisfont à la condition (1) *et qui ont des dérivées premières continues par rapport à x et y, sont identiques dans le quadrilatère Σ limité par les droites*

$$y=0, \quad y=\frac{1}{L}(x-x_1), \quad y=-\frac{1}{L}(x-x_2), \quad y=\delta.$$

En effet, la différence $Z(x, y)$ des deux solutions supposées vérifierait, pour $|y|$ assez petit, l'inégalité

$$|Q|\leqq L|P|+M|Z|$$

$\left(\text{où } \frac{\partial Z}{\partial x}=P, \frac{\partial Z}{\partial y}=Q\right)$ et l'on aurait

$$Z(x, 0)=0 \quad \text{pour} \quad x_1\leqq x\leqq x_2.$$

Pour conclure de là le théorème énoncé, il faut faire usage du lemme suivant :

Lemme. — *Si, dans le triangle*

$$\xi_1\leqq x\leqq \xi_2, \quad y\leqq \frac{1}{L}(x-\xi_1), \quad y\geqq -\frac{1}{L}(x-\xi_2),$$

la fonction $Z(x, y)$ est telle que :

1° *ses dérivées premières sont continues ;*

2° $|Q|\leqq L|P|+M|Z|$;

3° $Z(x, 0)=0$ *pour* $\xi_1\leqq x\leqq \xi_4$;

alors elle est identiquement nulle dans ce triangle.

Il suffit de démontrer ce lemme pour le cas $L=M=1$ auquel le cas général se réduit immédiatement. Considérons (dans l'hypothèse $L=M=1$) la fonction $e^{-2y}Z(x, y)$; nous allons montrer qu'elle ne saurait avoir de maximum positif (ni de minimum négatif) dans le triangle en question. Supposons, en effet, que la fonction admette un maximum positif au point (x_0, y_0). Comme elle s'annule sur la droite $y=0$, ce point est situé ailleurs. La différentiation suivant deux directions parallèles aux côtés du triangle conduit à la double inégalité

$$e^{-2y_0}(Q_0\pm P_0-2Z_0)\geqq 0,$$

d'où, en choisissant convenablement le signe,

$$2Z_0\leqq Q_0-|P_0|.$$

Cette inégalité, combinée avec $Q_0\leqq|P_0|+|Z_0|$, donne $2Z_0\leqq|Z_0|$, ce qui contredit l'hypothèse $Z_0>0$.

Par un procédé classique, le théorème d'unicité ainsi obtenu peut immédiatement être généralisé au cas où l'équation proposée a la forme

$$F(p, q, z, x, y) = 0,$$

et où la condition (1) est remplacée par celle-ci : la solution doit passer par une courbe donnée qui n'est pas une caractéristique de l'équation, à supposer que la fonction F et la courbe donnée jouissent de certaines propriétés de dérivabilité.

Considérons, en particulier, le cas où la fonction est analytique par rapport à toutes les variables et la courbe donnée également analytique. La méthode de Cauchy fournit alors une solution sous forme de série entière et notre théorème permet d'énoncer le corollaire suivant :

Si une fonction à dérivées premières continues vérifie une équation analytique aux dérivées partielles du premier ordre et passe par une courbe analytique qui n'appartient pas aux caractéristiques de l'équation, elle est elle-même analytique dans le voisinage de cette courbe.

Nos résultats sont susceptibles de généralisation pour un nombre quelconque de variables indépendantes ainsi que pour les systèmes d'équations aux dérivées partielles. Nous y reviendrons dans un travail plus développé.

Observations sur la Note précédente, par M. **Hadamard**.

Il y a lieu de noter que le raisonnement qui précède permet de limiter en valeur absolue la différence Z de deux solutions de l'équation, dans le quadrilatère Σ, du moment qu'on a un maximum m de $|Z|$ sur le segment (x_1, x_2) de l'axe des x (et cela toujours moyennant les mêmes hypothèses simples relatives à f). Il montre, en effet, que le maximum de $|Z|e^{-2y}$ — ou, plus généralement, celui de $|Z|e^{-\alpha y}$, en désignant par α un nombre quelconque plus grand que 1, — ne peut avoir lieu que sur l'axe des x, de sorte que $|Z| \leqq me^{\alpha y}$.

On sait que la question de l'unicité des solutions des équations aux dérivées partielles a été résolue, dans un cas assez général et particulièrement important — celui des équations linéaires à coefficients analytiques — par un théorème connu de M. Holmgren. Les développements annoncés par M. Haar feront certainement faire un pas nouveau à cette question.

Il est à craindre, toutefois, que leur portée dans ce sens ne soit limitée

par la remarque précédente : complétant le résultat de M. Haar sous le point de vue de la « compréhension » (au sens des logiciens), elle tend à en restreindre l'« extension ». On voit, en effet, que, si une méthode analogue à celle de l'auteur s'applique à des cas plus généraux, elle conduira, elle aussi, à une limitation de la solution en fonction des données. Or nous savons (voir nos *Yale Lectures*, I, n° 18, p. 33-34) qu'une telle limitation est impossible pour l'équation de Laplace $\frac{\partial^2 z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 z}{\partial y^2} = 0$ (laquelle relève, par contre, de l'analyse de M. Holmgren).

MÉCANIQUE. — *Manomètre enregistreur avec contrôle permanent de ses indications.* Note [1] de M. **R. Guillery**, présentée par M. L. Guillet.

Les manomètres ordinaires, à tubes creux cintrés à section aplatie, ne mettent pas en jeu des efforts suffisants pour permettre facilement un enregistrement des pressions par rapport à une autre variable.

Les manomètres à piston agissant sur un pendule permettent l'enregistrement, mais sont des instruments d'importance souvent disproportionnée par rapport aux machines qui les portent; pour que les frottements n'aient pas d'action sur les indications données, le piston ou le cylindre doit être animé d'un mouvement circulaire continu ou alternatif.

Les uns et les autres sont d'un contrôle délicat.

Un nouveau dispositif manométrique permet, en mettant en jeu des efforts suffisants, d'obtenir un enregistrement facile en donnant toute la sensibilité voulue par élimination des frottements et permettant, en outre, un contrôle permanent de son exactitude.

Description. — Sur une ligne verticale AB se trouvent alignés un tube creux *a* parfaitement rectifié, une crémaillère *b* et un ressort *d* monté sur encastrement à chacune de ses extrémités.

Une bille *e* coulisse sans jeu appréciable et sans frottement dans le tube, puis, un fil *f* partant de son centre C la relie à la crémaillère dont le plan primitif contient la droite AB.

La crémaillère est guidée sans jeu et sans frottement par des galets *g* et le pignon *h* de commande de l'aiguille du manomètre.

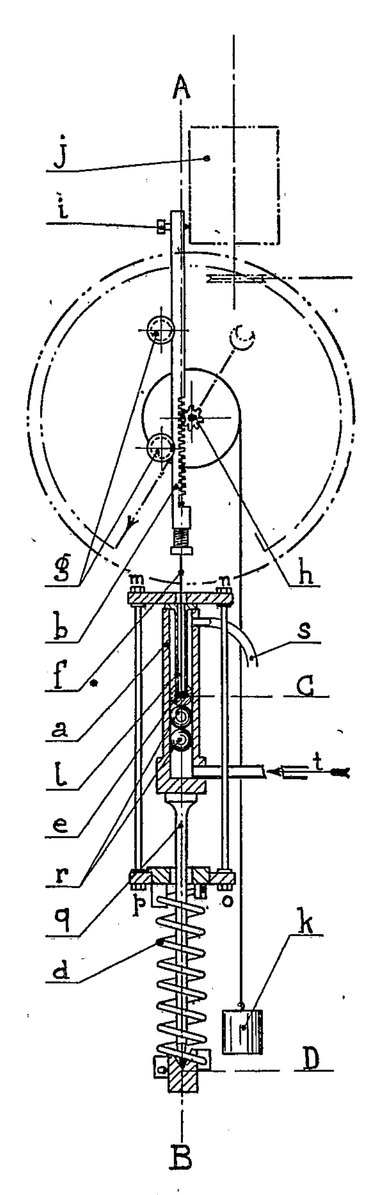
Cette crémaillère porte en outre à son extrémité un style *i* qui trace, en ordonnées, les charges sur un tambour *j* dont la rotation est fonction du temps ou d'un mouvement quelconque.

---

(1) Séance du 25 juin 1928.

Un couple produit par le contrepoids k maintient une tension constante sur le fil f.

La bille e est solidaire par le tube l, d'un cadre $m\ n\ o\ p$ dont la traverse inférieure reçoit, par une baïonnette démontable, l'encastrement supérieur du ressort dont l'encastrement inférieur appuie sur la pointe D d'une tige q solidaire du tube.



Deux ou trois billes r, de même diamètre que e, augmentent l'étanchéité du joint mobile que toutes les billes constituent.

La pression vient en t et les fuites retournent au réservoir par le tube s.

On conçoit que la pression agissant sur les billes va tendre le ressort dont les flèches sont proportionnelles aux charges et, sous l'action du contrepoids, l'aiguille du manomètre tourne d'angles proportionnels aux pressions que le style de la crémaillère inscrit en ordonnées sur le tambour.

Du fait que la ligne CD est rigoureusement dans l'axe du tube, il n'y a aucune réaction latérale, donc aucun frottement. Même si le cadre oscille légèrement les billes roulent les unes sur les autres sans frottement latéral.

Le ressort démontable est remplacé, pour changer la sensibilité, par un autre ressort. Celui-ci est choisi parmi plusieurs autres de façon que pour une même charge, ses flèches soient dans un rapport simple (2, 4, 5 par exemple) avec celles du premier.

Si enfin la machine qui comporte ce manomètre possède un deuxième tube semblable, raccordé par un robinet au premier, et si dans ce tube sont les billes agissant sur un cadre spécial dont la traverse inférieure est un plateau de balance, on possédera ainsi un contrôle permanent.

En effet, il suffit de mettre sur le plateau les poids calculés qui correspondent aux pressions par unité de surface de la section du tube, pressions qu'indiquent d'autre part les graduations du manomètre, et il doit y avoir correspondance absolue avec les indications de l'aiguille sur le cadran.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *La Thermodynamique relativiste des systèmes électromagnétiques en mouvement.* Note de M. **Th. De Donder**, présentée par M. M. Brillouin.

Dans une Note récente [1], nous avons écrit les deux principes fondamentaux de la thermodynamique sous forme invariante ou relativiste. Nous appliquerons ici ce résultat aux systèmes massiques électromagnétiques, en mouvement.

1. Décomposons la fonction caractéristique partielle $\mathcal{M}^*$ comme suit :

$$\mathcal{M}^* \equiv \mathcal{M}^*_{(m)} + \mathcal{M}^*_{(e)} + \mathcal{M}^*_{(m,e)}. \tag{1}$$

Les indices inférieurs (m), (e) et (m, e) servent à indiquer que ces fonc-

[1] Th. De Donder, *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 1599. Dans cette Note, se sont glissés quelques errata; il faudra changer le signe du terme $(\mathfrak{T}^\beta_\alpha u^\alpha)_{.\beta}$ qui figure dans (6) et (7), ainsi que celui de $\mathcal{H}$ qui figure au premier membre de (6′).

tions se rapportent respectivement aux masses, au champ électromagnétique et à un champ mixte, à la fois massique et électromagnétique, qui sera dit : de striction.

En prenant les dérivées variationnelles de ces fonctions changées de signe, comme il a été appliqué dans l'équation (3) de notre première Note, on obtiendra respectivement les tenseurs $\mathfrak{T}^{(m)}_{\alpha\beta}$, $\mathfrak{T}^{(e)}_{\alpha\beta}$ et $\mathfrak{T}^{(m,e)}_{\alpha\beta}$; on aura

(2) $$\mathfrak{T}_{\alpha\beta} \equiv \mathfrak{T}^{(m)}_{\alpha\beta} + \mathfrak{T}^{(e)}_{\alpha\beta} + \mathfrak{T}^{(m,e)}_{\alpha\beta}.$$

Connaissant

(3) $$\mathfrak{M}^{*}_{(e)} \equiv \frac{1}{2}\sqrt{-g}\, g^{\alpha\beta} g^{ij} \mathrm{K}_{\alpha i} \mathcal{H}^{*\beta j},$$

on calculera $\mathfrak{T}^{(e)}_{\alpha\beta}$ ainsi que [1]

(4) $$\mathfrak{F}^{(e)}_{\alpha} \equiv \mathfrak{T}^{(e)\beta}_{\alpha.\beta}.$$

Les divergences covariantes de $\mathfrak{T}^{\beta}_{\alpha}$, $\mathfrak{T}^{(m)\beta}_{\alpha}$, $\mathfrak{T}^{(m,e)\beta}_{\alpha}$ seront désignées, de même, pour $\mathfrak{F}_{\alpha}$, $\mathfrak{F}^{(m)}_{\alpha}$, $\mathfrak{F}^{(m,e)}_{\alpha}$. Rappelons le théorème de l'impulsion et de l'énergie des systèmes considérés :

(5) $$\mathfrak{F}_{\alpha} \equiv \mathfrak{N}_{\alpha} + \mathfrak{F}^{(m)}_{\alpha} + \mathfrak{F}^{(e)}_{\alpha} + \mathfrak{F}^{(m,e)}_{\alpha} = 0,$$

ou

(6) $$\mathfrak{N}_{\alpha} \equiv \mathfrak{N}^{\beta}_{\alpha.\beta} = \mathfrak{N}\mathrm{A}_{\alpha} + u_{\alpha}(\mathfrak{N}u^{\beta})_{.\beta}.$$

Le symbole A_{α} représente l'accélération covariante des masses.

2. Posons, dans (4),

(7) $$\mathfrak{F}^{(e)}_{\alpha} \equiv \left[\mathcal{H}^{\overline{\alpha\beta}}_{*}\frac{d\mathcal{H}^{\beta\gamma}}{dx_{\gamma}} - \mathcal{H}^{\overline{\alpha\beta}}\frac{d\mathcal{H}^{\beta\gamma}_{*}}{dx_{\gamma}}\right] + \mathcal{H}^{(e)}_{\alpha}.$$

Remarquons que $\mathfrak{F}^{(e)}_{\alpha}$ se réduit à l'expression qui figure entre crochets au second membre de (7), quand le système est dépourvu de polarisation électrique et magnétique [2]. Nous dirons donc que $\mathcal{H}^{(e)}_{\alpha}$ sont les quatre composantes covariantes de l'*hystérèse électromagnétique*. En vertu des équations du champ électromagnétique,

(8) $$\frac{d\mathcal{H}^{\alpha\gamma}}{dx_{\gamma}} = \mathcal{C}^{\alpha}, \qquad \frac{d\mathcal{H}^{\alpha\gamma}_{*}}{dx_{\gamma}} = \mathcal{C}^{\alpha}_{*},$$

---

[1] Voir l'équation (13), p. 78, de notre exposé *The mathematical Theory of Relativity* (*Massachusetts Institute of Technology*, Cambridge, A. Mass, 1927).

[2] Voir l'équation (12), page 65, de notre *Mathematical theory of Relativity* citée ci-dessus.

les identités (7) nous fournissent le théorème de l'impulsion et de l'énergie électromagnétique :

$$(9) \qquad \mathcal{F}^{(e)}_{\alpha} \equiv \mathcal{T}^{(e)\beta}_{\alpha.\beta} = \left[\mathcal{K}^{\overline{\alpha\beta}}_{\star} \mathcal{C}^{\beta} - \mathcal{K}^{\overline{\alpha\beta}} \mathcal{C}^{\beta}_{\star}\right] + \mathcal{H}^{(e)}_{\alpha}.$$

Dans (9), l'expression entre crochets représente la généralisation de la force de H. A. Lorentz et de l'effet de Joule; les divergences $\mathcal{T}^{(e)\beta}_{\alpha.\beta}$ fournissent la généralisation de la force de Maxwell et de l'effet radiant de Poynting.

3. Appliquons maintenant la relation thermodynamique (8) de notre première Note. Nous aurons :

$$(10) \qquad \frac{d}{ds}[\mathfrak{U}\,\delta(x^1 \ldots x^4)] = \mathfrak{Q}\,\delta(x^1 \ldots x^4) + [\mathcal{K}_{(m)} + \mathcal{K}_{(e)} + \mathcal{K}_{(m,e)}]\,\delta(x^1 \ldots x^4).$$

Les symboles $\mathcal{K}_{(m)}$, $\mathcal{K}_{(e)}$, $\mathcal{K}_{(m,e)}$ qui figurent dans (10) se déduisent de $\mathcal{K}$ défini par (6) de notre première Note, en y remplaçant le tenseur total $\mathcal{T}_{\alpha\beta}$ respectivement par les tenseurs partiels $\mathcal{T}^{(m)}_{\alpha\beta}$, $\mathcal{T}^{(e)}_{\alpha\beta}$, $\mathcal{T}^{(m,e)}_{\alpha\beta}$.

Nous dirons que $\mathcal{K}_{(m,e)}$ est la *puissance de striction*. En généralisant une hypothèse classique, nous admettrons que

$$(11) \qquad \mathcal{K}_{(m,e)} = \mathcal{H}^{(e)}_{\alpha} u^{\alpha}.$$

Autrement dit : la puissance de striction est égale à la puissance d'hystérèse.

Il ne restera plus qu'à substituer (11) dans (10), et à utiliser la relation (11) de notre première Note, pour obtenir la Thermodynamique relativiste de systèmes électromagnétiques doués d'hystérèse et animés d'un mouvement quelconque.

PHYSIQUE. — *Utilisation thermique de la radiation solaire.* Note (¹) de M. F. **Pasteur**, présentée par M. Desgrez.

L'appareil thermique d'utilisation de la radiation solaire que nous avons construit présente la forme d'un phare parabolique hermétiquement clos par une vitre spéciale protégée.

Un cylindre en verre le traverse de part en part suivant son axe et constitue une deuxième chambre athermane assez étanche pour y faire le vide.

(¹) Séance du 18 juin 1928.

Il est de préférence sphéroïdal autour du foyer afin de présenter aux rayons solaires réfléchis une surface normale à leur incidence. Le réflecteur est actuellement en aluminium, facile à travailler et à peu près inaltérable à cause de sa protection. Il est contenu dans une seconde enveloppe, caisse calorifugée, ce qui diminue ainsi l'émissivité des parties chauffées et la chaleur peut être récupérée. Cette caisse, grâce à des supports latéraux fixés à leur base sur le couvercle mobile autour de son axe, s'oriente soit à la main toutes les demi-heures environ ou par un système équatorial entraîné par un contrepoids.

Notre appareil d'expérience, monté par nos propres moyens, n'a que $0^{cm},53$ de diamètre représentant, espaces perdus déduits, une surface réceptrice d'environ $0^{cm^2},1500$, $0^{cm},25$ de profondeur et 15^{kg} de poids, variable toutefois, notamment avec le nombre des accessoires qui sont enfermés dans les parties libres de la caisse. Il s'adapte sans mécanisme spécial, ni modification à tous les usages de la chaleur.

Sous le ciel de Paris, peu favorable, avec un soleil toujours voilé, il m'a donné néanmoins des résultats importants de calorification, combustion, fusion, vaporisation.

Un journal placé à l'intérieur du cylindre se carbonise et brûle.

L'étain de soudure d'une chaudière a fondu et le cuivre rosit et se détrempe.

Dans un tube de verre entouré d'une toile métallique on voit l'ébullition commencer après une minute, et les premières gouttes d'eau distillée apparaissent à l'extrémité du tube de dégagement de vapeur après quatre minutes d'exposition donnant 60^{g} d'eau distillée en une heure, résultats quatre à cinq fois supérieurs à ceux obtenus en Afrique avec d'autres appareils.

Une petite chaudière atteint en une demi-heure à trois quarts d'heure 2^{kg} de pression et le jet de vapeur qui s'en échappe est continu pendant toute la durée de l'échauffement solaire.

Par l'intermédiaire d'une barre de cuivre rouge chauffée, 35 couples thermo-électriques, donnent 1 volt, 0,2 et 0,062 milliampère (milliampèremètre de 15 ohms 865 R). Ces couples ont $0^{m},006$ de diamètre et 0,007 de longueur, $0^{\omega},03$ de résistance et les fils conducteurs $0^{\omega},3$. Ils ont un débit constant et ont tenu sans défaillance plus de 6000 heures.

Avec 140 éléments, faciles à disposer, on dépasse 4,25 volts et 0,500 milliampères, intensité suffisante pour alimenter 8 lampes triodes de réception de T. S. F. dont la consommation est de $\frac{6}{100}$ d'ampère chacune. Quant à la

tension plaque, mis en parallèle, les petits accumulateurs se rechargent aisément, à défaut de piles sèches. La cuisine se fait directement par marmite ordinaire ou à pression; par chauffage de la paroi d'un four ou indirectement par circulation d'un liquide chauffant (par exemple d'huile jusqu'à 300°.

De nuit on aurait recours à l'accumulation des calories. Enfin, grâce à la grande différence entre la grandeur de la surface réceptrice des rayons et leur concentration sur un petit foyer, on peut obtenir des températures très élevées d'une progression théoriquement indéfinie.

Les dimensions pourraient, sans aucune difficulté de construction en série, s'étendre jusqu'à 3^m de diamètre, représentant une surface de près de 7^{m^2} d'insolation, c'est-à-dire 45 fois supérieure à notre récepteur. Monté avec des moyens industriels, le rendement des grands appareils serait encore proportionnellement accru.

Enfin, la courbure du miroir permet d'obtenir à volonté, suivant son tracé géométrique, toutes les formes de foyer : plan, linéaire ou punctiforme, ce que l'on ne peut réaliser avec la forme cylindrique.

Donc : simplicité, haut rendement, robustesse, encombrement réduit, transport aisé, facilité d'adaptation à tous les usages de la chaleur dans des contrées constamment ensoleillées, dépourvues de tout combustible et de sources d'énergie, sont les caractéristiques de cet appareil de réception et d'utilisation thermique de la radiation solaire.

Cette question paraît bien digne d'intérêt au moment où une commission étudie le projet du Transsaharien.

ÉLECTRONIQUE. — *Électrons et ions positifs dans l'argon pur.* Note (¹) de M. **Mario A. da Silva**, présentée par M. Jean Perrin.

On a indiqué, dans une Note antérieure (²), la forme des courants d'ionisation obtenus, sous tension continue, dans l'argon pur, lorsque les ions sont produits dans une couche mince de gaz à la surface de l'un des plateaux du condensateur de mesure.

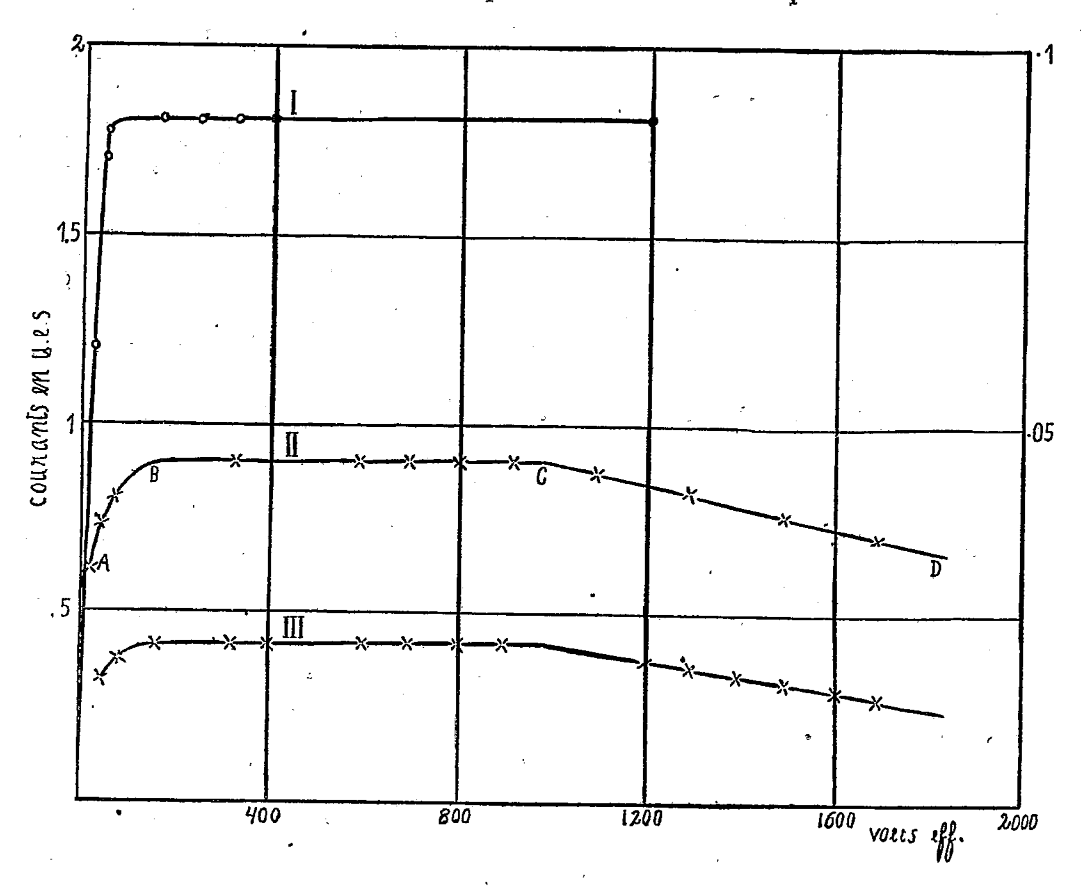
Ces résultats avaient conduit à penser que les ions négatifs, dans l'argon

(¹) Séance du 25 juin 1928.
(²) Mario A. da Silva, *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 583.

suffisamment purifié, et même à la pression atmosphérique, sont *tous* des électrons libres.

Afin de confirmer ce résultat, on a remplacé la tension continue par une tension alternative sinusoïdale de 42 périodes, et mesuré, pour chaque valeur de cette tension, la charge moyenne apportée par seconde à l'électromètre.

Sur la figure, la courbe I représente les courants qu'on obtient à la



pression de 758^{mm} de mercure, sous tension continue. La courbe II représente la charge moyenne apportée à l'électromètre sous tension alternative, à la même pression et avec la même source d'ionisation. En abscisses sont portées les tensions efficaces.

On peut faire sur ces résultats les remarques suivantes : 1° cette charge moyenne est négative et la courbe II, que l'on n'a pu tracer avec précision qu'à partir d'une tension efficace de 5 volts, doit couper l'axe des abscisses

en un point très voisin de l'origine. Ce point aurait donné une tension critique V_0 qui aurait permis de déterminer la mobilité des ions négatifs par la formule

$$(1) \qquad K = \frac{\pi n d^2}{V_0 \cdot \sqrt{2}},$$

où n est la fréquence du champ alternatif et d la distance des plateaux $= 5^{cm}$.

Il est possible cependant de se rendre compte de l'ordre de grandeur de cette mobilité. Déjà pour $V_0 = 5$, on aurait $K = 470$ cm/sec-volt/cm. Cette valeur est de l'ordre de grandeur des mobilités électroniques, ce qui confirme l'existence d'électrons libres dans l'argon, même à la pression atmosphérique; 2° ces électrons doivent en outre constituer tous les ions négatifs formés dans le gaz. On voit, en effet, sur la courbe que pour des champs encore faibles, pour lesquels des ions normaux effectueraient des oscillations dont l'amplitude serait beaucoup plus petite que la distance des plateaux, on reçoit un courant égal à la moitié du courant de saturation sous tension continue, c'est-à-dire que pendant l'alternance favorable aux ions positifs, il n'y a pas de charge apportée à l'électromètre et que pendant l'autre alternance, on reçoit tous les ions négatifs qui ont été produits, à l'exception d'une fraction négligeable (1 pour 100 environ) et qui n'est pas décelable à l'électromètre.

On peut donc conclure que, dans les limites de la sensibilité de l'appareil de mesure, tous les ions négatifs sont des électrons, tout au moins à partir d'un champ efficace moyen de 40 volts/cm.

En ce qui concerne les ions positifs qui sont produits dans le gaz en même temps que les électrons par la source ionisante, on conçoit qu'on pourra les faire arriver au plateau relié à l'électromètre, si l'on augmente suffisamment la tension. L'arrivée de ces ions se traduira par une diminution du courant transporté par les ions négatifs. C'est ce que montre, en effet, la partie CD de la courbe II. On réalise ainsi une application nouvelle de la méthode de Rutherford qui permet d'obtenir une détermination de la mobilité des ions positifs par la formule (1), la tension efficace V_0 étant donnée par le point C de la courbe.

Afin de se rendre compte de l'effet de l'intensité de l'ionisation (déformation possible du champ) sur la position du point C, on a repris les mesures avec des sources plus faibles. La courbe III indique une des courbes obtenues. Dans tous les cas, on a vérifié que le point V_0 reste le même, aux erreurs d'expérience près.

La valeur de la mobilité trouvée est de 2,2 cm/sec-volt/cm, à 760mm de pression et 15° de température, plus grande que celle indiquée par Franck (1,36) mais comprise néanmoins entre les limites des courbes de répartition indiquées par M. Laporte [1] (0,9 et 3), relatives, il est vrai, à l'argon impur.

MAGNÉTISME. — *Le paramagnétisme du fer dans le ferricyanure de potassium.* Note [2] de Mlle **Paule Collet** et M. **Francis Birch**, transmise par M. Pierre Weiss.

Les moments atomiques dans les complexes de la famille du fer sont actuellement très discutés. Il importe donc de se procurer des données numériques précises sur ces substances.

Jusqu'à ces dernières années, pour ces corps comme pour beaucoup d'autres, la validité de la loi de Curie était implicitement admise. C'est ainsi que l'étude des solutions aqueuses de ferricyanure de potassium, faite il y a 4 ans par la méthode de dénivellation, avait donné pour l'atome de fer un moment de 11 magnétons [3].

Mais puisque même dans les solutions étendues le Point de Curie est souvent différent du zéro absolu, la détermination du moment atomique ne peut se faire qu'en mesurant le coefficient d'aimantation et sa variation thermique.

Honda et Ishiwara [4] avaient déjà mesuré la susceptibilité moléculaire χ_m du ferricyanure solide, de 25° à — 180°. Après correction du diamagnétisme du reste de la molécule, la courbe de $\frac{1}{\chi}$ en fonction de T, pour l'atome de fer, est une droite, satisfaisante surtout aux températures inférieures au zéro centigrade. On obtient pour le point de Curie $\theta = -49°$ abs. et pour le moment de l'atome de fer $n = 13$ magnétons. Bien que les observations ne soient pas très précises, il est certain que les valeurs $n = 12$ et $n = 14$ sont à écarter.

Nous avons repris l'étude thermique du ferricyanure par la méthode d'attraction dans un champ non uniforme, en chauffant aussi loin que le

---

(1) *Thèses présentées à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris* (1927).
(2) Séance du 25 juin 1928.
(3) P. Collet, *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 937.
(4) *Science Reports*, *Tokio*, 3, 1914, p. 303.

permet la stabilité du sel. Le sel a été fourni par la maison Kahlbaum (reinst. zur Analyse mit Garantieschein) et la pureté en a été contrôlée. Les mesures ont été faites avec toute la rigueur possible tant au point de vue magnétique qu'au point de vue thermique : mesures de susceptibilité répétées et alternant avec les déterminations de température; double étalonnage magnétique, réitéré au cours des expériences; étalonnage du couple soudé au four par un second couple remplaçant la substance qui permet en outre de contrôler la constance de la température, corrections relatives à l'air et au magnétisme du support.

Deux séries de mesures ont été faites de 0° à 250°; elles concordent d'ailleurs avec une bonne approximation. Voici les résultats de la seconde de ces séries, qui offre le maximum de sécurité :

T = températures absolues des expériences.
χ_m = susceptibilité moléculaire du ferricyanure de potassium.
χ = susceptibilité atomique du fer après correction du diamagnétisme de Cy^6K^3 et du diamagnétisme sous-jacent du fer.

T	284	297	337	400	438	481
$\chi_m.10^6$	2331	2192	1929	1639	1478	1334
$\chi.10^6$	2469	2330	2067	1777	1616	1472
$\frac{1}{\chi}$	405	429	484	563	620	680

Les résultats en $\frac{1}{\chi}$ et T, pour l'atome de fer, se placent sur une droite avec une approximation très satisfaisante. On obtient

$$n = 11,95 \text{ magnétons}, \quad \Theta = -13^\circ \text{ abs.} \quad (1 \text{ magnéton} = 1126,5).$$

D'autre part une troisième série de mesures, faite de 0 à — 80° et moins rigoureuse que les précédentes, semble confirmer la valeur $n = 13$ magnétons obtenue par Honda et Ishiwara aux mêmes températures.

Nous pouvons donc conclure avec certitude à l'existence d'*un porteur de 12 magnétons dans le ferricyanure de potassium*, aux températures comprises entre 0 et 200°. L'existence du moment de 13 magnétons au-dessous de 0° est très probable. L'atome de fer dans le ferricyanure comme dans les sels ferriques normaux est donc susceptible de prendre plusieurs moments. Mais leurs valeurs sont nettement inférieures aux moments des sels ferriques normaux.

SPECTROSCOPIE. — *Sur l'absorption par la vapeur de mercure excitée et le renversement de la raie verte et de ses satellites.* Note [1] de M. **M. Ponte**, présentée par M. A. Cotton.

Nous avons fait par photométrie photographique quelques mesures d'absorption des raies d'arc du mercure, produites par une lampe Cooper-Hewitt peu poussée, par de la vapeur de mercure qui émettait son spectre d'arc sous l'action d'ondes entretenues de 5^m. La vapeur était portée à une centaine de degrés dans un récipient vidé en permanence. Metcalfe et Venkatesachar [2] avaient déjà fait des mesures quantitatives sur la raie verte, mais c'est seulement de la comparaison entre les absorptions des diverses raies qu'on peut tirer quelque enseignement.

1. Pour des raies de séries différentes, il n'y a pas de relation entre l'intensité des raies émises par la vapeur et celle de l'absorption des raies correspondantes de l'arc.

2. Les raies $2^1P_1 - m^1D_2$ et $2^1P_1 - m^3D_2$ sont très peu absorbées. Le fait est particulièrement frappant pour les raies jaunes dont l'absorption n'a pas dépassé 10 pour 100. Cette observation est en accord avec celles des auteurs cités [2] et, suivant leur remarque, en contradiction avec celles de Pflüger [3]. Mais celui-ci a utilisé des arcs absorbants de forte densité de courant, ce qui n'est pas le cas ici : il est donc logique de supposer que les états 2^1P_1 ne vivent que très peu ; ce n'est que pour de grosses densités de courant qu'ils peuvent devenir assez nombreux pour produire l'absorption des raies dont ils forment le niveau de départ.

3. Les raies $^3P_{012}\,^3S$ et $^3P_{012}\,^3D_{123}$ sont absorbées. Les nombres suivants donnent, à 5 pour 100 environ, le rapport de l'intensité de la raie de l'arc lorsque la vapeur absorbante n'est pas excitée à celle de cette raie lorsque la vapeur l'est :

5460,74	$(2^3P_2 - 1^3S_1)$......	4,1	3125,66	$(2^3P_1 - 3^3D_2)$......	2,5
4358,34	$(2^3P_1 - 1^3S_1)$......	3	3023,47	$(2^3P_2 - 4^3D^2)$......	1,5
4046,56	$(2^3P_0 - 1^3S_1)$......	4,4	3021,50	$(2^3P_2 - 4^3D_3)$......	1,7
3663	$\left(2^3P_2 \begin{matrix} -3^1D_2 \\ -3^3D_1 \end{matrix}\right)$.....	2,2	2967,28	$(2^3P_0 - 3\ D_1)$......	3,2
			2893,6	$(2^3P_1 - 2^3S_1)$......	1,5

(1) Séance du 25 juin 1928.

(2) *Proceedings of the Royal Society of London*, A, 100, 1922, p. 149.

(3) *Annalen der Physik*, 26, 1908, p. 789.

3654,83 $(2^3P_2-3^3D_2)$.....	2,3	2803,48 $(2^3P_2-5^3D_3)$......	1
3650,15 $(2^3P_2-3^3D_3)$.....	2,3	2752,78 $(2^3P_0-2^3S_1)$......	1,9
3341,48 $(2^3P_2-2^3S_1)$.....	2,1	2653,68 $(2^3P_1-4^3D_1)$......	1,8
3131,6 $\left(2^3P_1 \begin{matrix}-3^1D_2\\-3^3D_1\end{matrix}\right)$.....	2,8	2652,04 $(2^3P_1-4^3D_2)$......	1,6

Pour les raies étudiées, les termes d'une même série sont de moins en moins absorbés à mesure qu'on remonte dans la série et, pour des termes correspondants, la série PS est plus absorbée que la série PD. La probabilité de l'absorption à partir d'un état déterminé, fonction de la vie de cet état, dépend également de la grandeur du saut énergétique qui constitue l'absorption et décroît lorsque celui-ci croît.

4. Dans l'absorption de PS, 2^3P_0 et 2^3P_2 sont équivalents; dans celle de PD, 2^3P_0 donne lieu à une forte absorption, celle de 2967,28 : la vie de cet état est en effet particulièrement longue ([1]).

L'absorption de la raie verte a été étudiée de nouveau en détail avec une lame de Lummer d'ordre voisin de 21000. L'arc peu poussé donne sur les photographies six satellites en bon accord avec les observations de Nagaoka et une raie centrale large de 0,055 A où sont confondus quatre satellites. Lors de l'absorption, les satellites intenses sont absorbés de sorte que tous les satellites prennent des intensités comparables. La raie centrale est remplacée par une bande noire, bordée de deux raies relativement intenses et la largeur de l'ensemble de ces raies et de la bande noire est supérieure (de $\frac{2}{10}$ à $\frac{3}{10}$) à celle qu'a la raie centrale non absorbée. Ce fait, joint à un élargissement des satellites, rend la structure de toute la raie très floue; sur certaines photographies, il n'y a même plus de structure visible.

Les résultats précédents laissent prévoir le renversement aisé de certaines raies du mercure. M. Perot ([2]) a observé le renversement de la raie verte; le phénomène est très net avec l'arc à grand éclat de M. Cotton ([3]). Avec l'arc très refroidi (16 volts, 3 ampères), on a photographié six satellites et une raie centrale qui subit déjà un renversement dissymétrique, laissant plus de lumière du côté des grandes longueurs d'onde. Lorsqu'on pousse l'arc, les satellites s'élargissent et le renversement du centre s'accentue, de sorte que, au régime normal (30 volts 2,5 ampères), la figure d'interférence n'est plus formée que d'une bande continue verte sillonnée par des

([1]) Pringsheim, *Handbuch der Physik. Quanten*, p. 511.
([2]) *Comptes rendus*, 148, 1909, p. 404.
([3]) *Journal de Physique*, 8, 1927, p. 14 S.

bandes noires d'une largeur de 0,05 Å environ, bordées du côté des grandes longueurs d'onde par une région de plus forte intensité. Si l'on interpose entre la lame et l'arc Cotton dans cet état la vapeur de mercure excitée, le renversement s'accentue et, en plus, des raies noires apparaissent, marquant la place qui était occupée par les satellites à l'émission: on assiste donc au renversement de ces satellites. Lorsqu'elle est applicable, cette méthode d'étude des satellites par absorption d'une raie large, issue d'un élément à forte pression, par la vapeur de l'élément excitée à faible pression, nous paraît devoir être féconde : elle donne des résultats beaucoup plus rapides que la méthode d'étude par émission et ne doit pas comporter les causes d'erreur dues à un renversement partiel possible des raies.

La raie 4358 se renverse également, mais les raies jaunes ne donnent lieu à aucun phénomène de renversement, ce qui confirme les mesures d'absorption.

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE. — *Sur une nouvelle catégorie de multiplicateurs de fréquence ferro-magnétiques.* Note de M. **Edmond Rouelle**, présentée par M. Paul Janet.

Les multiplicateurs de fréquence actuellement en usage n'utilisent que les propriétés de la saturation et de l'hystérésis et fournissent *un harmonique impair de la tension d'alimentation* (du moins lorsque le courant magnétisant ne comporte aucun terme constant). Le démultiplicateur découvert par MM. Mauduit et Fallou, basé sur l'entretien d'une oscillation libre, qu'il est nécessaire de déclencher, permet au contraire d'obtenir *un sous-harmonique de parité quelconque* (¹).

1. Des recherches, entreprises dans le but de concilier plus parfaitement l'expérience avec la théorie de M. Blondel sur la réversibilité (²) de ces appareils, m'ont amené à constater que le *phénomène observé dans le démultiplicateur est tout à fait général, et j'ai réalisé un multiplicateur basé sur le même principe* que l'on peut résumer comme suit :

La période propre du circuit constitué par une bobine à noyau de fer en série avec un condensateur varie avec l'induction imposée à la bobine. J'ai pu relever sur un tel circuit des oscillogrammes de décharges amorties montrant que si l'induction initiale est suffisamment élevée, *la pseudo-*

(¹) J. Fallou, *R. G. E.*, 19, 1926, p. 990.
(²) A. Blondel, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 297.

période passe par un maximum T_m correspondant au maximum L_m de la self-induction; sa valeur initiale tendrait vers une limite T_1 si l'induction augmentait indéfiniment. Si la résistance du circuit est suffisamment faible, on peut y entretenir en l'alimentant sous des tensions sinusoïdales de valeurs efficaces convenables *diverses oscillations dont les périodes, astreintes seulement à rester comprises dans l'intervalle* T_m-T_1, *peuvent être des multiples ou sous-multiples de celles de la source*. Le phénomène étudié sous le nom de ferro-résonance n'est qu'un cas particulier où l'oscillation libre se produit à la fréquence fondamentale. Un multiplicateur de fréquence utilisant cette propriété permet en particulier d'obtenir *des harmoniques pairs sans emploi de courant continu*.

Comme, toutes choses égales d'ailleurs, la fréquence de l'oscillation entretenue croît avec la tension d'alimentation, il faut pour obtenir la résonance d'un harmonique des tensions supérieures à celles où se produit la ferro-résonance fondamentale (lorsqu'elle est également possible).

2. L'amorçage d'un tel multiplicateur se produit spontanément au cours de la variation continue d'un des paramètres dont dépend le circuit. Ce détail ne constitue d'ailleurs pas une différence essentielle avec le démultiplicateur, car divers montages augmentant l'efficacité des impulsions reçues par le circuit oscillant m'ont permis d'obtenir *l'amorçage spontané d'oscillations de fréquence supérieure, égale ou inférieure à celle de la source*: j'ai employé en particulier à cet effet une bobine à noyau de fer montée en série soit avec un condensateur et un bouchon simple convenablement accordé, soit avec un bouchon complexe ou semi-complexe [1] équivalent au système précédent. Ces dispositifs particulièrement aptes à l'excitation d'oscillations libres semblent au contraire rendre plus difficile leur synchronisation *et donnent souvent lieu avant un amorçage à de curieux phénomènes de battements* qui ne sont pas perceptibles avec le circuit simple primitivement étudié.

3. Le démultiplicateur monophasé décrit dans ma dernière Note [2] et composé de deux bobines à noyau de fer BA_1 et BA_2, en série, respectivement avec deux condensateurs A_1C et A_2C, *constitue à proprement parler un montage réversible lorsqu'on le complète par un condensateur disposé entre* B *et* C, pour compenser le courant déwatté. Alimenté à la fréquence f entre

---

(1) Appellations conformes à l'article de MM. Brillouin et Fromy (*Onde électrique*, 4, 1925, p. 337 et 378).

(2) *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 1603.

B et C et amorcé comme je l'expose dans la Note précitée ([1]), il fournit entre A_1 et A_2 une tension de fréquence f/n exempte d'harmonique n : réciproquement, *si on l'alimente entre* A_1 *et* A_2 *à la fréquence* f/n *on peut recueillir entre* B *et* C *une tension de fréquence* f *dont le sous-harmonique est éliminé*. L'appareil se présente dans ce dernier cas sous la forme de deux circuits oscillants fermés, couplés par capacité et alimentés aux deux bornes restées libres. L'expérience précédente prouve qu'il peut s'établir spontanément dans ces deux circuits des oscillations de même amplitude, de phases opposées et de fréquence égale à celle de la source ou à un de ses multiples ([2]). Ce phénomène, qui se produit encore lorsque la capacité de couplage augmente progressivement jusqu'au court circuit entre B et C ([3]) *permet d'expliquer diverses anomalies signalées dans des groupes de transformateurs* et dont les théories basées sur la saturation et l'hystérésis n'ont jamais rendu compte d'une façon satisfaisante.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur les propriétés hygroscopiques et catalytiques du cuivre électrolytique gélatiné*. Note de MM. **C. Marie** et **P. Jacquet**, présentée par M. G. Urbain.

Le cuivre électrolytique déposé en présence de gélatine contient une surcharge composée de gélatine, de sulfate de cuivre et d'une certaine quantité d'eau ([4]). Il avait été admis implicitement d'après les résultats analy-

---

([1]) Dans cette Note consacrée à la transformation du monophasé en polyphasé, j'envisageais l'emploi d'un système de contacts tournants synchronisés pour créer un décalage entre les oscillations amorcées dans plusieurs circuits alimentés en parallèle. Au cours d'expériences plus récentes, exécutées sur un transformateur de monophasé en triphasé et pour des valeurs convenables de la tension d'alimentation, il m'a suffi de coupler entre eux les trois circuits oscillants par une résistance placée sur le fil commun pour que l'amorçage d'un seul entraîne celui des autres avec le décalage souhaité.

([2]) Des sous-harmoniques pairs peuvent aussi prendre naissance sous l'effet d'une modification brusque si les périodes propres sont suffisamment longues.

([3]) On peut mettre alors l'entretien des harmoniques en évidence au moyen d'un voltmètre connecté aux bornes libres de deux secondaires portés par les noyaux des bobines et associés en opposition. L'appareil, qui normalement reste au zéro, dévie chaque fois qu'une oscillation est amorcée.

([4]) C. Marie et A. Buffat, *J. de Chim. Phys.*, 24, 1927, p. 470.

tiques que le sulfate de cuivre était à l'état d'hydrate $SO^4Cu.5H^2O$. Nous nous sommes efforcés de vérifier directement si cette hypothèse était justifiée. Au cours des expériences nous avons été amenés à faire quelques remarques que nous résumerons dans cette Note.

1° Les dépôts séchés rapidement comme on le fait en analyse électrolytique contiennent en réalité une quantité d'eau (0,90 pour 100 environ) sensiblement double de celle qui correspond aux $5H^2O$ du sulfate de cuivre contenu.

2° Une partie de cette eau s'élimine si on laisse le dépôt à l'air et la courbe de dessiccation a la même allure que celle que l'on obtient avec de la gélatine dans les mêmes conditions.

3° L'étude de la dessiccation d'abord à l'air, puis sur l'acide sulfurique, puis à 100°, dans un courant d'azote sec, effectuée comparativement sur les dépôts de cuivre gélatiné et sur des quantités équivalentes de gélatine et de sulfate de cuivre $SO^4Cu.5H^2O$ montre que tout se passe comme si une partie de l'eau contenue dans ces dépôts provenait de la gélatine et l'autre du sulfate de cuivre.

4° Les expériences inverses d'absorption d'humidité dans diverses atmosphères confirment cette conclusion ; elles montrent en particulier qu'un dépôt de cuivre gélatiné se comporte à ce point de vue comme la gélatine qu'il contient. Les courbes d'absorption et de dessiccation ont la même allure.

5° Ces propriétés hygroscopiques sont la cause probable de la fragilité des dépôts après dessiccation et de leur tendance à s'enrouler si le support (lame de platine) est suffisamment mince.

6° Nos expériences nous ont montré en outre que le cuivre gélatiné présente des propriétés catalytiques particulières. Au début, en effet, nous avions tenté d'effectuer la déshydratation à 100° dans un courant d'hydrogène. Ce gaz contenant de très petites quantités d'oxygène, nous avons constaté que les dépôts gélatinés provoquaient la formation d'eau, alors que le cuivre électrolytique ordinaire est sans action.

Les dosages de l'eau ainsi formée nous ont amenés à la conclusion que la gélatine donne au cuivre, au point de vue de la synthèse de l'eau, une activité catalytique que seul possède le cuivre très fin obtenu par réduction à 220° de l'oxyde préparé à partir du nitrate.

7° Ces propriétés hygroscopiques et catalytiques montrent la grande porosité des dépôts de cuivre obtenus en présence de gélatine. La finesse

des grains que révèle l'examen aux rayons X (¹) doit intervenir en outre en ce qui concerne l'action catalytique.

Le détail des expériences qui justifient ces conclusions sera donné dans un autre Recueil.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur le nombre d'ions produits par les rayons α du radium C' dans l'air.* Note de Mme **Irène Curie** et M. **Frédéric Joliot**, présentée par M. Cotton.

Dans une Note précédente (²) nous avons exposé le principe d'une nouvelle détermination du courant d'ionisation des rayons α du radium C'. Désignons par i_α le courant de saturation qui correspond à l'absorption des rayons α dans l'appareil de Mme Pierre Curie (³). Au voisinage de cet appareil se trouve une chambre d'ionisation qui reçoit les rayons γ émis par la source (Ra B + Ra C), filtrés par 15^mm de plomb pour éliminer l'effet de Ra B, et produisant le courant i_Γ. On mesure alternativement les courants i_α et i_Γ sans déplacer la source. La chambre à rayons pénétrants a été étalonnée en remplaçant la source par plusieurs petites ampoules de radon soigneusement comparées à un étalon de radium. La plus grande partie du rayonnement β est déviée par un champ magnétique et n'intervient pas dans la mesure de i_α. Nous déterminons la correction due à l'ionisation produite dans cette chambre par les rayons α les plus rapides et le rayonnement γ en arrêtant exactement les rayons α par un écran de 15,5 mg/cm² en Al, placé sur la source. La correction reste la même si l'on double l'épaisseur de l'écran. Ce résultat joint à ceux de l'expérience préliminaire (⁴) nous montre que l'absorption du rayonnement β + γ par l'écran d'Al est sans influence sur la correction.

La source est constituée par un disque métallique de 5^mm de diamètre dont on a activé dans le radon une face parfaitement polie. Les sources ont été soigneusement débarrassées de l'émanation occluse. On a employé des sources de 30 à 5 millicuries à l'origine des mesures.

Marche d'une expérience. — La source de rayonnement est introduite

---

(¹) C. Marie et J.-J. Trillat, *Société de Chimie physique*, séance du 25 janvier 1928.

(²) *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 1722.

(³) Mme P. Curie, *Journ. Chim. Phys.*, 22, 1925, p. 141.

(⁴) *Loc. cit.* (²).

dans l'appareil une demi-heure après la fin de l'activation, quand le Ra A est détruit; on fait le vide et l'on établit le champ magnétique. On suit l'évolution du dépôt actif pendant 2 heures environ par une succession rapide de mesures croisées donnant le courant i_α et le courant i_Γ à des temps connus. On fait également des mesures de i_α en laissant entrer dans l'appareil de l'air à une pression et à une température connue.

Résultats expérimentaux. — On a vérifié que le rapport $\frac{i_\Gamma}{i_\alpha}$ correspondant à des intensités de sources très variées est constant à moins de $\frac{3}{1000}$ près au cours du temps, ceci nous montre l'absence d'émanation occluse et nous prouve en outre que les rayons γ du Ra B n'interviennent pas dans la mesure de i_Γ. La valeur de ce rapport, jointe à la mesure du courant produit par l'étalon de radon dans la chambre à rayons pénétrants, nous permet de calculer le courant d'ionisation produit dans l'angle solide 2π par les rayons α émis par 1 millicurie de Ra C' qui ont traversé un écran d'Al équivalent à $0^{cm},60$ d'air à $15°$ et 760^{mm} Hg. La valeur moyenne obtenue, 1823 ± 5 U. E. S. par millicurie, doit subir une correction pour l'absorption des rayons dans l'écran d'aluminium.

Nous avons déterminé cette correction en mesurant i_α pour des rayons ayant subi une absorption préalable dans de l'air introduit entre la source et la chambre d'ionisation. De la courbe qui représente i_α en fonction du parcours absorbé, on déduit par extrapolation la fraction de l'ionisation totale absorbée dans l'écran d'aluminium, soit $6,3 \pm 0,2$ pour 100. Le courant d'ionisation produit dans l'angle 2π par les rayons α émis par 1 millicurie de Ra C' est donc 1944 ± 10 U. E. S. En prenant pour la charge élémentaire la valeur $4,774.10^{-10}$ U. E. S. et pour Z, nombre de particules α émises par 1^g de Ra, la valeur $3,7.10^{10}$ ou la valeur $3,45.10^{10}$, on trouve pour le nombre d'ions produits par une particule α du Ra C' : $2,2.10^5$ ou $2,36.10^5$. Le premier résultat est en accord avec celui donné par Fonovits Smereker [1] et le second diffère notablement de celui que l'on peut déduire du nombre de Geiger [2], en remplaçant dans le travail de cet auteur l'ancienne valeur de la charge, $4,65.10^{-10}$ U. E. S. par $4,774.10^{-10}$ U. E. S.

Nous déduisons de plus de ces expériences que la forme réelle de la courbe de Bragg relative aux rayons α du Ra C' doit être intermédiaire entre celle de Henderson et celle de Irène Curie et F. Béhounek, et que

---

(1) Fonovits Smereker, *Wien. Ber.*, 131, 1922, p. 355.
(2) H. Geiger, *Proc. Roy. Soc.*, 82, 1909, p. 486.

la proportionnalité de l'ionisation à l'énergie qui se vérifie dans les trois derniers centimètres du parcours n'est pas exactement réalisée pour les rayons du RaC', l'ionisation observée étant de 2 pour 100 plus élevée que l'ionisation prévue d'après la fin du parcours.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le passage d'un cycle en* C^6 *à un cycle en* C^5 *avec transposition moléculaire par isomérisation des oxydes du phénylcyclohexène et du phényl-1-méthyl-4-cyclohexène.* Note de Mlle **Jeanne Lévy** et M. **J. Sfiras**, présentée par M. A. Béhal.

On connaît à l'heure actuelle diverses méthodes qui permettent de réaliser le passage d'un cycle en C^n à un cycle en C^{n-1} à savoir : la déshydratation de certains alcools de la série hydrocyclique (¹), l'action de la potasse sur diverses cétones hydrocycliques monochlorées (²) ou sur les alcoylcyclohexènolones (³), enfin l'élimination de HI par le nitrate d'argent sur les iodhydrines dérivés des glycols hydrocycliques (⁴) ou hydronaphtaléniques (⁵).

L'isomérisation par la chaleur des oxydes d'éthylène du phénylcyclohexène et du phényl-1-méthyl-4-cyclohexène nous a conduits à un résultat analogue et nous a permis de passer d'une chaîne en C^6 à une chaîne en C^5.

Nous avons observé en effet que l'oxyde de phénylcyclohexène s'isomérise par simple distillation en présence de ponce sulfurique ou de trace de chlorure de zinc anhydre en fournissant deux produits qui sont, l'un la phénylcyclohexanone formée sans modification du squelette carboné initial, l'autre l'aldéhyde phényl-1-cyclopentanoïque formée par rupture du cycle en C^6 et fermeture en un cycle en C^5 (⁶). Ainsi la réaction s'effectue suivant deux modes différents.

(¹) Meerwein, *Lieb. Ann.*, 405, 1914, p. 142-147.

(²) Faworsky et Bojovski, *Journ. Soc. phys. chem.*, 50, 1920, p. 582.

(³) Wallach, *Lieb. Ann.*, 414, 1918, p. 296.

(⁴) Tiffeneau, *Comptes rendus*, 159, 1914, p. 771.

(⁵) Tiffeneau et Orekhoff, *Bull. Soc. chim.*, 7e série, 25, 1919, p. 1215.

(⁶) C'est à un mécanisme semblable que l'on peut avoir recours pour expliquer l'action des organomagnésiens sur les oxydes de cyclohexène (Vavon et Mitchovitch, *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 702) et de cycloheptène (M. Godchot et Mlle Cauquil, *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 375 et 955).

Toutefois cette double orientation ne dépend pas de la rupture de l'oxygène oxydique qui s'effectue toujours d'un seul côté. C'est seulement quand cette rupture a eu lieu qu'interviennent deux mécanismes possibles suivant que dans la phase de réorganisation c'est l'hydrogène (form. I) ou le carbone voisin (form. II) qui se détachent pour saturer le carbone qui a rompu sa liaison avec l'oxygène.

```
        CH² CH²                    CH² CH²                      CH² CH²
(I)  CH²<      >C—H      →    CH²<      >C—H       →      CH²<      >CO
            C——O                  CH² C  O                    CH² CH
            |                         /\                          |
           C⁶H⁵                    C⁶H⁵                          C⁶H⁵
        CH² CH²                    CH² CH²                      CH² CH²
(II) CH²<      >CH       →    CH²<      >C — H      →     CH²<     |
        CH² C—O                   CH² C   O                   CH² C — CHO
            |                         |                           |
           C⁶H⁵                      C⁶H⁵                        C⁶H⁵
```

De même l'isomérisation de l'oxyde de phénymethylcyclohexène, pratiquée dans les mêmes conditions que celle de son homologue, permèt d'isoler également deux produits oxygénés isomères. L'un la phénylméthylcyclohexanone est obtenue sans transposition moléculaire, l'autre produit aldéhydique provient de la rupture du cycle en C^6 suivie de la fermeture de la chaîne carbonée avec diminution du cycle.

Oxyde de phényl-1-cyclohexène-1. — Éb. (15-16^mm^) : 136° ; $n^{17} = 1,5434$; $d_0 = 1,0758$. Cet oxyde a été préparé par action de l'acide perbenzoïque sur le phényl-1-cyclohexène-1. Cet oxyde s'isomérise en présence de trace de chlorure de zinc en phényl-1-cyclohexanone-2 (Rdt. 60 pour 100) (semicarbazone F. 166°), et en aldéhyde phényl-1-cyclopentanecarbonique-1 (Rdt. 9 pour 100).

Aldéhyde phényl-1-cyclopentanecarbonique-1. — Ce produit bout à 134° sous 15-16^{mm}; fournit une semicarbazone fusible à 196°,5, réduit le nitrate d'argent ammoniacal à froid et la liqueur de Fehling à chaud. Par oxydation ménagée cet aldéhyde conduit à l'acide phényl-1-cyclopentanecarbonique-1 (F. 155-157°) dont le chlorure d'acide fournit une amide fusible à 108°.

Oxyde de phényl-1-méthyl-4-cyclohexène — Cet oxyde est obtenu par oxydation de l'acide perbenzoïque sur le phényl-1-méthyl-4-cyclohexène-2; il est fusible à 36° et bout à 140-141° sous 15^{mm}. Son isomérisation a permis d'isoler la phényl-1-méthyl-4-cyclohexanone-2 (Rdt. 55 pour 100) et l'aldéhyde phényl-1-méthyl-3-cyclopentanecarbonique-1 (Rdt. 2 pour 100).

Phényl-1-méthyl-4-cyclohexanone-2. — Cette cétone fournit une semicarbazone fusible à 217°, elle ne se combine pas au bisulfite de soude. Son oxydation permanga-

nique fournit l'acide benzoyl-1-méthyl-3-cyclopentanoïque-5 (F = 56°) (semicarbazone F = 214°).

Aldéhyde de phényl-1-méthyl-3-cyclopentanecarbonique. — Cet aldéhyde donne une semicarbazone fusible à 172°. Il réduit la liqueur de Fehling, à chaud. Par oxydation ménagée il fournit l'acide phényl-1-méthyl-3-cyclopentanecarbonique (F. 124°).

Conclusions. — L'isomérisation de l'oxyde de phénylcyclohexène et de son homologue l'oxyde de phényl-1-méthyl-4-cyclohexène fournit pour chaque oxyde deux produits oxygénés isomères, l'un cétonique obtenu sans transposition moléculaire, l'autre aldéhydique qui résulte d'une transposition moléculaire dont on connaît déjà quelques exemples et qui comporte le passage du cycle en C^6 en un cycle en C^5.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'hydrogénation des éthers oxydes.* Note [1] de M. **Albin Marty**, présentée par M. Paul Sabatier.

Sabatier et Senderens ont étudié l'hydrogénation directe sur le nickel des éthers oxydes [2]. En série grasse, l'oxyde d'éthyle donne lieu à la rupture de la molécule, en éthane et alcool éthylique lequel est à son tour transformé en méthane et oxyde de carbone, transformable lui-même en méthane et eau.

Pour les oxydes mixtes phényl alcooliques, ils ont, ainsi que Brunel [3], obtenu l'hydrogénation du noyau en opérant à 150° sur le nickel. Enfin l'oxyde de phényle traité par Mailhe et Murat [4] a donné la rupture en phénol et benzine sans hydrogénation du noyau.

J'ai repris l'étude de l'hydrogénation de ces trois classes d'oxydes en opérant sous pression réduite pour essayer d'obtenir, grâce à une température convenable, dans les cas non encore réalisés, l'hydrogénation du noyau.

1° *Oxydes aliphatiques.* — J'ai traité l'oxyde de propyle, d'isopropyle, de butyle, d'amyle et d'isoamyle, sur le nickel réduit suivant la méthode de Sabatier et Senderens [5] à des températures variant de 250 à 300°. Ces divers oxydes m'ont tous donné la réaction de rupture, signalée par Saba-

---

[1] Séance du 25 juin 1928.
[2] P. Sabatier et Senderens, *Bull. Soc. chim.*, 3e série, 33, 1905, p. 616.
[3] Brunel, *Ann. Chim. Phys.*, 8e série, 6, 1905, p. 205.
[4] Mailhe et Murat, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 11, 1912, p. 122.
[5] P. Sabatier et Senderens, *Bull. Soc. chim.*, 3e série, 33, 1905, p. 616.

tier, à des degrés différents. L'oxyde de propyle est moins facile à rompre que l'oxyde d'isoamyle, par contre la solidité de l'alcool amylique obtenu est plus grande que celle de l'alcool isopropylique qui est pour ainsi dire détruit en totalité en CO et éthane. La température de 300° est, semble-t-il, la meilleure pour effectuer ces réactions.

2° *Oxydes mixtes.* — Dans cette classe de corps, j'ai étudié le phénétol et les éthers méthyliques et éthyliques du β-naphtol ainsi que le gaïacol.

Phénétol. — Ce corps hydrogéné à 150° par Sabatier et Senderens ([1]) ainsi que par Brunel ([2]) avait donné le cyclohexane-oxy-méthane. J'ai effectué son hydrogénation à 180 et à 250°. A 180° on obtient une rupture nette selon la formule $C^6H^5OC^2H^5 + H^2 \rightarrow C^6H^6 + C^2H^5OH$, sans production de phénol, mais la benzine obtenue est hydrogénée en cyclohexane. A 250° on a à la fois les deux réactions

$$C^6H^5OC^2H^5 + H^2 \rightarrow C^6H^6 + C^2H^5OH$$

et

$$C^6H^5OC^2H^5 + H^2 \rightarrow C^2H^6 + C^6H^5OH.$$

L'alcool éthylique commence d'ailleurs, à cette température, à se décomposer en méthane et CO qui est hydrogéné à son tour.

Yara-Yara et Néroli. — Les deux éthers mixtes du β-naphtol hydrogénés à 280°, température minima, imposée par leur point d'ébullition, sont scindés normalement dans les deux sens, et l'on obtient de l'alcool méthylique ou éthylique (ou les débris de ces corps) et de la naphtaline ainsi que du β-naphtol. Mais la réaction d'hydrogénation ne s'arrête pas là; en effet la naphtaline est en totalité hydrogénée en grande partie en dihydronaphtalène (F. 15°; E. 212°) et un peu en tétrahydro (E. 206°). Le β-naphtol est hydrogéné en tétrahydro-β-naphtol (E. 264°).

Gaïacol. — Le gaïacol, hydrogéné à 250°, est, comme l'avaient constaté Mailhe et Murat ([3]), scindé sur le nickel en pyrocatéchine et phénol. Pour obtenir l'hexahydrogaïacol, Ipatief avait traité le gaïacol par l'oxyde de nickel sous 100 atmosphères d'hydrogène à 240° ([4]). J'ai aussi obtenu l'hexahydrogaïacol en hydrogénant le gaïacol sur le nickel sous pression réduite à 300^mm de Hg, qui permet d'opérer à 180° par abaissement du point

---

([1]) P. SABATIER et SENDERENS, *Bull. Soc. chim.*, 3e série, 33, 1905, p. 616.

([2]) BRUNEL, *Ann. Chim. Phys.*, 8e série, 6, 1905, p. 205.

([3]) MAILHE et MURAT, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 11, 1912, p. 123.

([4]) IPATIEF et LOUVOGOI, *Soc. Phys. Chim. Russe*, 46, 1914, p. 470.

d'ébullition et j'ai obtenu l'oxyde mixte $C^6H^{10}\langle^{OH}_{O-CH^3}$ ainsi que de la pyrocatéchine et du phénol, lui-même partiellement hydrogéné en cyclohexanol.

3° *Oxyde de phényle.* — J'ai réussi aussi dans ce cas à obtenir l'hydrogénation du noyau par l'emploi, soit de la pression réduite qui permet d'opérer à la température la plus favorable 180°, par abaissement du point d'ébullition; soit d'une légère surpression qui stabilise le produit formé. Sous 30^{mm} et surtout sous 300^{mm} de Hg à la température de 180°-200°, on a formation d'oxyde de cyclohexyle (E. 239°-240°) obtenu par Schrauth et Wege ([1]) en hydrogénant l'oxyde mixte de phénylcyclohexyle. Il y a formation simultanée de phénol, cyclohexanol, benzine et cyclohexane. La proportion de l'oxyde de cyclohexyle formé ne dépasse pas 5 pour 100 du produit mis en œuvre. Ipatief ([2]) ayant lui aussi obtenu l'oxyde de cyclohexyle par hydrogénation de l'oxyde de phényle sous 100 atmosphères, j'ai pensé qu'une pression plus basse suffirait pour réaliser aussi cette hydrogénation. Sous 3^{kg} et 5^{kg} d'hydrogène comme pression initiale je suis arrivé à hydrogéner partiellement l'oxyde de phényle en oxyde de cyclohexyle à la température de 310°. Mais cette formation est toujours accompagnée d'une certaine rupture de la molécule en phénol et benzine.

GÉOLOGIE. — *La situation géothermique du bassin pétrolifère de Péchelbronn.* Note de MM. **J.-O. Haas** et **C.-R. Hoffmann.**

L'élévation anormale de température observée dans les champs pétrolifères les plus différents a suggéré l'idée qu'elle pouvait provenir de phénomènes exothermiques tels que polymérisation, oxydation, radioactivité de l'huile. On a même préconisé la mesure de la température comme moyen de recherche des zones productives.

A notre connaissance il n'existe pas jusqu'ici de champs pétrolifères où les mesures de température aient été assez nombreuses pour qu'on puisse se rendre compte de l'influence des accumulations d'huile sur les isothermes.

Les résultats de plus de 300 mesures exécutées au cours des dernières

---

([1]) Schrauth et Wege, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 36, 1924, p. 1507.

([2]) Ipatief et Philipof, *J. Soc. Phys. Chim. Russe*, 40, 1908, p. 501. — Ipatief, *Ber.*, 41, 1908, p. 993.

années dans la région de Péchelbronn, au moyen de thermomètres appropriés et avec toutes sortes de précautions, contribuent à éclaircir cette question.

Nous avons étudié les relations de la température ou du degré géothermique successivement avec la stratigraphie, la tectonique et les accumulations d'huile.

Les isothermes obtenues d'après les mesures exécutées furent portées sur un plan et sur des profils transversaux sur lesquels toutes les failles et les accumulations d'huile connues étaient indiquées. Ces documents ont permis de faire les observations suivantes :

1. En allant du bord W du Fossé Rhénan vers son milieu, direction qui est également celle du pendage des couches, nous voyons les isothermes monter assez régulièrement en se rapprochant. L'importance de ce rapprochement est caractérisée par les variations du degré géothermique. On trouve 20-32^m au bord du Fossé et 6-14^m à environ 15^{km} du bord,

2. Au droit des failles longitudinales qui ont généralement soulevé les compartiments E vis à vis des compartiments W, les isothermes sont nettement relevées.

3. Les zones productives ne paraissent pas avoir d'influence sur les isothermes. Vers le milieu du Fossé Rhénan la productivité diminue tandis que la température augmente.

Il ne semble pas encore possible de donner une explication satisfaisante de ces phénomènes. Nous ferons cependant remarquer que l'augmentation de la température vers le milieu du Fossé Rhénan coïncide avec la diminution des dépôts conglomératiques et sableux qui sont graduellement remplacés par des dépôts marneux, très finement lités et souvent bitumineux. Nous supposons que ces marnes sont moins bonnes conductrices de la chaleur, ce qui reste à vérifier.

En tout cas, dans le bassin de Péchelbronn nous ne pouvons pas expliquer les élévations de température par la présence d'accumulations d'huile.

LITHOLOGIE. — *Métamorphisme de contact produit par la protogine du Mont-Blanc.* Note de MM. **Paul Corbin** et **Nicolas Oulianoff**, présentée par M. Pierre Termier.

Dans le *Bulletin de la Société géologique de France* (1), nous avons discuté la question de l'existence de deux espèces de contact de la protogine du Mont-Blanc avec les schistes cristallins. Une série de photographies, ainsi que des coupes géologiques en coulisses, précisent la région où se rencontrent ces deux sortes de contact. Elle est située dans le voisinage du lac du Plan de l'Aiguille, au pied de l'Aiguille du Plan. A partir de là s'étend, dans la direction du sommet du Mont-Blanc, la zone du contact éruptif déterminé par le magma granitique (protogine). Ce bel exemple de métamorphisme mérite une étude détaillée actuellement en préparation. Pour aujourd'hui, nous voulons simplement indiquer les conclusions résultant de la comparaison des roches de cette zone de contact avec les enclaves que l'on rencontre à l'intérieur du massif granitique.

Cette zone de contact éruptif comprend trois sortes de métamorphisme :

a. Tout le long du front de contact, le magma granitique envahit les schistes, les disloque et les digère (endomorphisme), la nature des schistes déterminant celle du produit final. Les schistes sont de composition variée : quartzites, micaschistes, gneiss, calcaires. L'examen des roches endomorphiques révèle l'existence, dans cette zone, de granites très acides, de diorites, de syénites. A cette zone appartiennent, entre autres, les abrupts bien connus des Petits Mulets. Au premier abord, on serait tenté de les considérer comme taillés dans le granite. Mais le microscope montre que ce granite contient de nombreuses petites enclaves que leur composition minéralogique permet d'assimiler aux diorites.

b. La seconde espèce de métamorphisme marque l'impuissance du magma à digérer les schistes quand ils sont sous la forme de blocs. Sous l'influence de la température, les schistes recristallisent alors en cornes. De même que la roche principale de la série des schistes est feldspathique et micacée, les cornes sont de même, pour la plupart, feldspathiques à grain très fin, contenant à titre d'élément accessoire une proportion variable de

(1) P. Corbin et N. Oulianoff, *Les contacts, éruptif et mécanique, de la protogine et leur signification pour la tectonique du Massif du Mont-Blanc* (*Bull. Soc. géolog. de France*, 4e série, 26, 1926, p. 153-162).

mica (le plus fréquemment de la biotite). Mais il y a aussi des cornes renfermant, comme élément dominant, de l'épidote, du quartz, ou encore du mica.

c. Enfin, le troisième genre de métamorphisme constitue une sorte de frange de passage entre la bande « *a* » et les schistes proprement dits. C'est la zone d'action des émissaires du foyer granitique, les pegmatites, amenant avec elles les minéralisateurs. Là encore, le produit final dépend de la nature des schistes. Ces derniers contiennent, entre autres, des zones calcaires ou marneuses, qui déterminent l'apparition de cornéennes calcaires et d'amphibolites formées aux dépens de ces zones. Mais les amphibolites ne constituent nullement l'espèce unique ou même dominante des produits du métamorphisme de la zone en question, comme on pourrait le croire en examinant les anciennes cartes géologiques.

La comparaison de la composition des enclaves schisteuses de l'intérieur du massif granitique avec celle des schistes cornés de la zone du métamorphisme de contact est très instructive. Ce sont les mêmes roches, le même genre de cornes, montrant des variations identiques de leur composition minéralogique et la même grosseur de grain.

Cette ressemblance pétrographique est d'ailleurs en parfait accord avec les résultats de nos recherches précédentes (1) qui ont montré que les traînées d'enclaves ne sont que les traces des fonds des anciens synclinaux que le magma granitique n'a pu digérer entièrement.

L'étude pétrographique renseigne, en outre, sur la nature des schistes formant autrefois les synclinaux anciens et que nous ne connaissons que sous forme de cornes. Leur nature était, comme on le voit, identique à celle des schistes de la base des Aiguilles de Chamonix.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur les propriétés magnétiques des zones stratigraphiques de la vallée du Rhin.* Note de M. **E. Rothé** et Mme **A. Hée**.

Les interprétations des prospections magnétiques ne peuvent être énoncées avec quelque certitude que si l'on connaît les susceptibilités magnétiques des substances minérales sous-jacentes. Dans l'ignorance de ces

(1) Paul Corbin et Nicolas Oulianoff, *Recherches tectoniques dans la partie centrale du Massif du Mont-Blanc* (*Bulletin de la Soc. Vaudoise des Sc. nat.*, 56, 1926, p. 101-114).

propriétés on s'exposerait à de graves erreurs. M. Bauer a depuis longtemps appelé l'attention sur l'utilité des mesures d'ensemble systématiques sur le magnétisme des couches géologiques des divers pays. C'est pour ces différentes raisons que nous publions ici les résultats relatifs à quelques échantillons caractérisant la géologie de la vallée du Haut-Rhin. Nous avons eu à notre disposition des plaques provenant de sondages effectués jusqu'à 1300^m de profondeur mises à notre disposition par le Service géolologique des Mines Domaniales de Potasse.

Leur susceptibilité a été déterminée par la méthode classique de P. Curie, avec la balance de Curie et Chéneveau, particulièrement appropriée à l'étude de corps faiblement magnétiques et avec toutes les précautions d'usage que nous décrirons ailleurs. Les chiffres donnés dans le tableau ci-dessous se rapportent à des échantillons moyens prélevés dans la partie centrale des carottes, on a indiqué à titre de renseignement complémentaire la densité moyenne de la couche. Les nombres varient assez notablement d'un prélèvement à l'autre dans un même échantillon pour que la première décimale soit déjà superflue. C'est surtout l'ordre de grandeur qui intéresse les géologues pour leurs interprétations futures.

Nom.	Profondeur.	Densité.	$x.10^6$.
Chattien.			
Marnes bariolées...	110^m	2,26	23,0
Grès calcaire......	114	2,73	12,4
Grès calcaire :	119		
Partie dure		2,34	30,2
Partie sableuse..		1,98	193,0
Marnes bariolées...	220	2,32	26,2
» ...	240	2,32	19,1
Grès calc. micacé..	250	2,65	8,2
Stampien.			
Couches à Meletta marnes calcaires gris bleu, un peu bitumineuses dans les parties inférieures......	148	2,55	15,4
Stampien (suite).			
Grès calc. micacé..	136^m	2,43	32,1
Couches à Amphisyle marnes calcaires souvent bitumin. gris bleu, gris brun.......	185	2,22	9,6
Couches à Foraminifères, marnes calc. pyriteuses, verdâtres dans les parties sup......	189	2,29	17,4
Marnes calc. brunâtres dans les part. inf. Marnes pyriteuses......	195,8	2,34	22,1
Un autre prélèvement a donné....			19,8

Nom.	Profondeur.	Densité.	$x.10^6$.
Sannoisien.			
Zone salif. supér., marnes calc. et dolomitiques, par endroit bitumin. gris multicolores et rayées........	105m	2,15	16,2
Zone salif. sup., sel gemme cristal...	180	2,12	—0,1
Zone salif. supér., gypse isolé de la gangue..........	208	2,31	—1,0
Zone salif. supér., marne..........	218	2,35	22,4
Un autre prélèvement a donné....			20,2
Zone salif. supér., marne..........	200	2,22	6,9
Sel gemme rose fib.	244	2,12	—1,2
Zone salif. supér., marne..........	335	2,43	8,3
Zone salif. supér., marne..........	362	1,93	5,8
Zone salif. supér., marne..........	409	2,41	4,6
Zone salifère supér.; anhydrite bitum. et rognons......	428	2,75	7,9
Zone salif. supér., marne..........	476	2,47	4,8
Zone salif. supér., marne..........	547	2,38	7,8
Zone salifère supérieure, marne et sel gemme......	630	2,50	6,8
Sannoisien (suite).			
Zone salif. infér., marne feuilletée.	500m	2,43	3,6
Zone salif. infér., marne..........	605	2,27	5,2
Zone salif. infér., sel............	660	2,14	—1,4
Marnes vertes, calc. conglomér.......	262,5	2,47	
Nodules........			1,1
Marne..........			6,2
Marnes vertes, calcaire...........	284,5	2,47	0,1
Marne dure.......	295	230	9,8
Marnes vertes, calcaire...........	407	2,50	1,0
Marne compacte, marnes vertes....	1050	2,34	13,4
Marnes vertes.....	1070	2,77	
Anhydr. en rognons.			0,4
Sel teinté de rose..			2,7
Marnes vertes, marne dure.....	1250	2,49	18,9
Marnes vertes, marne friable av. sel gemme fibreux (ensemb.).......	1279	2,19	13,7
Marnes vertes, sel gemme et anhydrite en rognons.	1315	2,14	0,7
Marnes vertes, sel gemme.........	1380	2,12	
Partie blanche...			—0,8
Partie grise.....			+0,4

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur la loi de variation de densité de l'atmosphère en fonction de l'altitude.* Note (¹) de M. **R. Esnault-Pelterie**, présentée par M. Fichot.

Mes études d'aéronautique m'ont amené à me préoccuper de la loi de variation de densité de l'atmosphère en fonction de l'altitude.

Il semble que les investigations en cette matière se soient jusqu'ici bornées à faire des moyennes du plus grand nombre possible d'expériences en les classant tout au plus par saisons (Tesserenc de Bort) et généralement en ne les classant pas du tout, ni par saisons, ni même parfois par lieu d'observation (moyennes étendues à tout un pays, voire à tout un continent). De semblables valeurs moyennes peuvent fort bien s'écarter de ± 10 pour 100 des valeurs réelles d'un jour considéré.

Il m'a paru désirable de rechercher s'il ne serait pas possible de trouver une formule serrant de plus près la vérité.

Je suis parti des prémisses suivantes :

1. Le gaz est un gaz parfait

$$\frac{p}{\mu} = \frac{RT}{M}.$$

2. La vitesse des courants verticaux est insuffisante à altérer l'état de pression par rapport à ce qu'il serait en cas d'équilibre hydrostatique

$$dp = -g\,\mu\,dZ,$$

où p est la pression du gaz, μ sa masse spécifique, M sa masse moléculaire, R la constante des gaz parfaits, g l'intensité de la pesanteur considérée comme constante, Z l'altitude, toutes ces quantités en C. G. S., et T la température absolue.

On tire des deux équations ci-dessus

$$(3) \qquad \mathrm{L}n\,\frac{\mu}{\mu_0} = \mathrm{L}n\,\frac{T_0}{T} - \frac{gM}{R}\int_{Z_0}^{Z}\frac{dZ}{T}.$$

Dans cette expression très simple, on voit ressortir sous le signe $\int$ la fonction $T = f(Z)$; entre des limites où elle ne s'écarte pas trop d'une loi linéaire, on peut intégrer cette fonction par la méthode de Simpson avec

(¹) Séance du 25 juin 1928.

une très bonne approximation et (3) devient alors

$$\text{(4)} \qquad \mathrm{L}n\frac{\mu}{\mu_0} = \mathrm{L}n\frac{\mathrm{T}_0}{\mathrm{T}} - \frac{g\mathrm{M}}{\mathrm{R}}\left(\frac{\mathrm{Z}-\mathrm{Z}_0}{6}\right)\left(\frac{1}{\mathrm{T}_0} + \frac{4}{\mathrm{T}_m} + \frac{1}{\mathrm{T}}\right).$$

Compte tenu de (1), on tire de là

$$\text{(5)} \qquad \mathrm{L}n\mu = \mathrm{L}n\,p_0\frac{\mathrm{M}}{\mathrm{R}} - \mathrm{L}n\mathrm{T} - \frac{g\mathrm{M}}{\mathrm{R}}\left(\frac{\mathrm{Z}-\mathrm{Z}_0}{6}\right)\left(\frac{1}{\mathrm{T}_0} + \frac{4}{\mathrm{T}_m} + \frac{1}{\mathrm{T}}\right);$$

$$\text{(6)} \qquad \mathrm{L}n\frac{p_0}{p} = -\frac{g\mathrm{M}}{\mathrm{R}}\left(\frac{\mathrm{Z}-\mathrm{Z}_0}{6}\right)\left(\frac{1}{\mathrm{T}_0} + \frac{4}{\mathrm{T}_m} + \frac{1}{\mathrm{T}}\right).$$

Ces trois dernières formules présentent l'avantage de se prêter sans aucune transformation à une sommation par tranches; elles paraissent susceptibles d'une précision de l'ordre du centième car la perturbation due à la vapeur d'eau ne saurait atteindre cette amplitude. La formule (6) semble rendre possible la détermination de l'altitude avec une précision du même ordre (pour des tranches de hauteur suffisante) par la simple mesure de p et de T; il ne semble pas qu'aucune des formules proposées jusqu'à ce jour permette rien de semblable.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur l'améliaroside, nouveau glucoside de l'écorce de l'*Amelanchier vulgaris *Mœnch.* Note de MM. **M. Bridel**, **C. Charaux** et **G. Rabaté**, présentée par M. L. Mangin.

En appliquant la méthode biochimique d'Em. Bourquelot à l'invertine et à l'émulsine, aux rameaux et à l'écorce de l'*Amelanchier vulgaris* Mœnch, nous avons caractérisé dans cette écorce un glucoside hydrolysable par l'émulsine.

Dans des liquides dont 100^{cm^3} correspondaient à 100^{g} de rameaux ou d'écorce, nous avons obtenu les résultats suivants :

1° Avec les rameaux frais, l'émulsine a provoqué un retour de la déviation vers la droite de 1°19′ et la formation de $0^{\text{g}},362$ de sucre réducteur, exprimé en glucose, soit un indice de 276;

2° Avec les rameaux séchés à +30°, l'émulsine a provoqué un retour de 1°24′ et la formation de $0^{\text{g}},389$ de sucre réducteur, soit un indice de 277;

3° Avec l'écorce fraîche, le retour a été de 4° et il s'est formé $1^{\text{g}},008$ de sucre réducteur, soit un indice de 252.

Le glucoside de l'*Amelanchier vulgaris* Mœnch existe donc dans l'écorce et n'est pas altéré par la dessiccation.

Pour l'obtenir, l'écorce sèche, pulvérisée, a été traitée par percolation

avec l'alcool à 92°, la colature a été distillée à sec et le résidu repris par l'eau distillée, la solution aqueuse a été concentrée en sirop et additionnée de magnésie, le mélange, pulvérulent, a été épuisé par l'alcool à 92°, à chaud, la solution alcoolique a été distillée à sec et l'extrait repris par une petite quantité d'eau bouillante :

L'améliaroside a cristallisé dans la solution. On l'a purifié par une nouvelle cristallisation. Rendement : 10g par kilogramme.

On peut encore obtenir l'améliaroside en partant des rameaux frais.

L'améliaroside, cristallisé dans l'eau et séché à l'air, se présente en petits prismes allongés, il possède une saveur amère, il renferme 4,54 pour 100 d'eau et fond, au bloc Maquenne, à + 195°.

Il est lévogyre, $\alpha_D = -86°,56$ (anhydre).

Il est soluble dans l'eau, l'alcool éthylique et l'alcool méthylique; peu soluble dans l'acétone et l'éther acétique.

L'améliaroside ne présente pas de réaction de coloration spécifique quand on le traite, en poudre, par les acides ou les alcalis.

En solution aqueuse, il donne, par le perchlorure de fer dilué, une coloration violette peu intense.

Il est légèrement réducteur : 1g réduit comme 0g,0641 de glucose.

Il est hydrolysé par l'acide sulfurique à 3 pour 100, à + 100°, et par l'émulsine.

Par l'acide sulfurique, 1g fournit 0g,6043 de sucre réducteur possédant un pouvoir rotatoire de $\alpha_D = +51°,4$.

Le produit non glucidique est soluble dans l'éther et s'obtient cristallisé en traitant le résidu de la solution éthérée par l'eau.

Il cristallise en tables hexagonales pouvant atteindre 1cm de diamètre. Ce produit non glucidique, pour lequel nous proposons le nom d'*améliarol*, donne en solution aqueuse, par le perchlorure de fer dilué, une coloration violette assez forte.

Par l'émulsine, 1g fournit 0g,6030 de sucre réducteur. Le sucre réducteur a été obtenu à l'état cristallisé et caractérisé comme glucose par sa forme cristalline, son pouvoir réducteur et son pouvoir rotatoire, $\alpha_D = +52°,5$.

Le produit non glucidique est identique à celui que l'on obtient par hydrolyse acide. L'améliarol pur fond, à + 110°, au bloc Maquenne et se sublime, dès cette température, dans le vide. A la pression atmosphérique, il commence à se sublimer à + 120°.

L'indice de réduction enzymolytique de l'améliaroside est de 232.

L'indice de réduction par hydrolyse acide est de 229.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la formation des thylles chez les plantes greffées.* Note de M. **Lucien Daniel**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

Quant on fait des olodibioses ou des hyperbioses, l'hypobiote, l'épibiote, le mésobiote ou l'hyperbiote sont complètement sectionnés lors de leur préparation. L'ouverture des vaisseaux ligneux ainsi coupés resterait béante si chacun des associés ne la bouchait à l'aide de procédés bien connus, observés et décrits depuis longtemps par les anatomistes chez les végétaux ayant subi des blessures graves intéressant tout ou partie de leurs tissus ligneux. Les vaisseaux hors d'usage s'aplatissent en général dans la direction radiale; ils s'oblitèrent par la production de la gomme de blessure ou se bouchent à l'aide de thylles. Dans les plantes greffées, des réactions semblables se produisent au niveau du bourrelet d'union; quelquefois aussi on observe dans cette région et chez les associés d'autres phénomènes qui n'ont pas encore été observés ou qui n'ont pas été suffisamment étudiés.

L'aplatissement de certains vaisseaux ligneux s'effectue d'une façon curieuse chez la Tomate portant diverses espèces de Solanées et chez le Soleil ou le Topinambour greffés entre eux ou avec des espèces voisines de la famille des Composées, etc. La décapitation de l'hypobiote est toujours suivie d'un brusque arrêt de la croissance en longueur qui détermine dans le tissu ligneux en voie de différenciation la formation d'une zone parenchymateuse dans laquelle les tissus se figent pour ainsi dire à l'état où ils se trouvent au moment de la section. Les vaisseaux ligneux s'y rencontrent à l'état non lignifié où leurs membranes sont partiellement épaissies sur une partie de leur pourtour. Lors de la reprise de la croissance des symbiotes, les tissus nouveaux, en se développant activement, déterminent des pressions qui s'exercent en tous sens, surtout tangentiellement car les vaisseaux tendres de la zone d'arrêt s'aplatissent principalement dans le sens latéral et non dans la direction radiale.

Le phénomène le plus remarquable consiste dans l'apparition anormale des thylles et dans leur répartition au niveau du bourrelet d'union et chez chaque conjoint. Le rôle et la formation de ces bouchons sont aujourd'hui bien connus depuis les travaux de Mangin. Leur répartition dans les greffes d'espèces différentes de Solanées placées sur un même hypobiote, la Tomate, est particulièrement instructive, ainsi que le prouve l'expérience suivante.

J'avais fait, le même jour et comparativement, des greffes de *Solanum*

Wendlandii, de *S. glaucophyllum*, de *S. jasminoïdes*, de *S. pubigerum*, d'*Iochroma*, de *Lycium* et de *Physalis Francheti* sur des Tomates provenant d'un même semis, ayant reçu les mêmes soins et choisies aussi semblables que possible. Les thylles apparurent en extrême abondance chez le *Solanum Wendlandii*; ils étaient assez nombreux chez les *S. glaucophyllum*, *S. jasminoïdes* et *S. pubigerum*; peu nombreux chez l'*Iochroma*, ils étaient rares chez le *Lycium* et manquaient chez le *Physalis Francheti*, dans les conditions de l'expérience.

Les hypobiotes Tomates présentaient eux-mêmes de curieuses variations dans l'abondance relative de leurs thylles. Ceux qui avaient servi de support au *Solanum Wendlandii* possédaient beaucoup plus de thylles que ceux qui portaient les *Solanum glaucophyllum, S. jasminoïdes* et *S. pubigerum*. Ces bouchons étaient plus rares chez les Tomates hypobiotes d'*Iochroma*, et plus rares encore chez celles qui étaient greffées avec le *Lycium;* ils manquaient totalement chez les hyperbiotes des *Physalis Francheti*. Il va de soi que les proportions relatives des thylles chez la Tomate suivant les espèces variaient suivant les exemplaires greffés pour une même espèce, mais sans modifier sensiblement l'influence particulière des espèces sur la valeur du phénomène qui s'est montrée spécifique.

J'avais aussi greffé des pieds de Chanvre de sexes différents. Dans leurs bourrelets, j'ai fait des coupes longitudinales en série afin d'étudier la cicatrisation dans ses rapports avec l'état plus ou moins serré de la ligature. Sur certaines de ces préparations, les vaisseaux ligneux ponctués, appartenant les uns à l'épibiote et les autres à l'hypobiote, avaient été coupés par le rasoir dans le sens de leur axe et sur une bonne partie de leur longueur. Sur la ligne transversale d'union très visible, la section des vaisseaux de l'hypobiote était placée en face des tissus de l'épibiote; la section des vaisseaux de celui-ci était disposée en sens inverse, ce qui permettait de les distinguer facilement les uns et les autres.

Des parenchymes réparateurs, fournis par les méristèmes cicatriciels du callus, s'étaient glissés entre les plaies en regard pour les réunir et rétablir les communications interrompues. En rencontrant l'ouverture béante des vaisseaux, ils avaient pénétré dans leur cavité et ils s'y étaient développés activement sur une assez grande longueur en donnant naissance à des cellules de taille fort variable, se divisant activement au début. Les membranes ponctuées des vaisseaux ainsi bouchées étaient restées très saines, sans aucune trace de décomposition; je n'ai trouvé nulle trace de hernie des parenchymes au travers des ponctuations comme c'est le cas dans le déve-

loppement normal des thylles. Il s'agit donc bien ici d'un mode, non encore décrit, de formation de ces bouchons qui semble particulier aux végétaux greffés. Il est probable que des coupes longitudinales en séries, effectuées dans les bourrelets d'autres espèces greffées, permettront d'en rencontrer d'autres exemples.

PHYSIOLOGIE. — *Sur les vitamines hydro-solubles du groupe* B. *Existence probable d'un facteur thermostable et alcalinostable nécessaire à la vie.* Note de Mme **L. Randoin** et M. **R. Lecoq**, présentée par M. A. Desgrez.

A la suite d'expériences sur la valeur nutritive de diverses sortes de levures ou d'extraits de levure, nous avons dû admettre, en 1926 ([1]), l'existence de deux vitamines B distinctes : une *vitamine antinévritique* proprement dite; une *vitamine* dite d'*utilisation nutritive*, qui intervient spécialement dans le métabolisme des glucides. Elles existent toutes deux dans l'extrait de levure obtenu en épuisant, à froid, par l'alcool à 70°, de la levure de bière fraîche, cultivée sur malt houblonné. Administré au Pigeon à la dose de $0^g,10$ par jour, avec un régime artificiel privé de vitamines B, — qui, employé seul, détermine des crises de polynévrite et la mort en 17-27 jours —, cet extrait de levure (*extrait* B) complète parfaitement le régime d'expérience : le Pigeon vit sans présenter le moindre trouble.

Nous avons essayé de séparer, aussi simplement que possible, les deux facteurs actifs de l'extrait de levure de bière en utilisant la terre à foulon dont les propriétés adsorbantes vis-à-vis des vitamines B sont bien connues (A. Seidell, 1916).

Partant de cette idée que la vitamine d'utilisation nutritive est adsorbée beaucoup moins facilement et moins rapidement que la vitamine antinévritique, nous avons employé une *terre à foulon de faible pouvoir adsorbant*, qui, dans des conditions déterminées, fixe presque exclusivement la vitamine antinévritique ([2]). Il nous a donc été possible d'obtenir deux produits : un extrait de levure (*extrait* E) privé du facteur antinévritique (après adsorption de ce dernier par la terre à foulon), contenant la vitamine dite d'utilisation nutritive; une terre activée (*terre* TA) renfermant presque uniquement le facteur antinévritique.

([1]) Mme L. Randoin et R. Lecoq, *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1408 et 1564.

([2]) Mme L. Randoin et R. Lecoq, *C. R. Soc. de Biologie*, **99**, 1928, p. 148.

Le premier produit prolonge la vie du Pigeon carencé : on observe alors un *syndrome polynévritique chronique*. Le second produit est, au contraire, sans action sur la durée de la survie, mais l'Oiseau ne présente pas les symptômes nerveux habituels; il meurt après une courte période d'*étouffements*, de *suffocations* (¹).

D'autre part, nous avons constaté que l'extrait initial, — l'extrait total de levure de bière —, donné au Pigeon après chauffage en milieu alcalin à l'autoclave à 130° (*extrait* BS), semble avoir perdu ses propriétés vitaminiques.

Mais nous savons que l'*extrait de levure autoclavé en milieu alcalin* conserve en partie ses propriétés vis-à-vis du jeune Rat (Smith et Hendrick, Hassan et Drummond, etc.); nous savons aussi qu'il assure la croissance des levures à cause de la présence du « bios » — ou vitamine D de Funk et Dubin — non détruit par la chaleur et les alcalis, et enfin qu'il renferme probablement une autre vitamine, dite antipellagreuse (Goldberger).

Régimes.	Doses préventives d'extrait ou de terre (en gr par jour).	Symptômes prémortels.	Durée des survies (en jours).
Régime-témoin seul	»	crises de polynévrite	17-27
Rég.-tém. + Extr. initial B	0,10	»	indéfinie
	0,15	»	indéfinie
Rég.-tém. + Extrait E	0,10	polynévr. chronique (crises)	60-70
	0,15	polynévr. chronique (crises)	90-100
	0,20	polynévr. chronique (crises)	130-140
Rég.-tém. + *Terre activée* TA	0,25	étouffements, faiblesse	17-20
	0,60	étouffements, faiblesse	20-30
	1,00	étouffements, faiblesse	20-30
	1,50	étouffements, faiblesse	20-30
	2,00	étouffements, faiblesse	25-32
Rég.-tém. + Extr. E + Terre TA	0,15 E + 1,00 TA	»	indéfinie
Rég.-tém. + *Extr. autoclavé* BS	0,10	crises de polynévrite	20-25
	0,20	crises de polynévrite	25-30
	0,50	crises de polynévrite	25-35
	1,00	crises de polynévrite	30-40
Rég.-tém. + Extr. E + Extr. BS	0,10 E + 0,50 BS	polynévr. chronique (crises)	65-80
	0,15 E + 0,50 BS	polynévr. chronique (crises)	95-115
Rég. tém. + *Terre* TA + *Extr.* BS	2,00 TA + 0,50 BS	extrême faiblesse	80-100

Nous pensons qu'il n'existe peut-être, dans cet extrait autoclavé, qu'*un*

(¹) Nous avons obtenu d'ailleurs les mêmes résultats avec l'*extrait alcoolique de maïs*, particulièrement riche en vitamine antinévritique.

seul et même facteur d'utilisation cellulaire, et non deux ou trois vitamines distinctes.

Et d'abord, le facteur hydro-soluble thermostable et alcalinostable nécessaire au jeune Rat est-il vraiment inutile au Pigeon? Ne jouerait-il pas, au contraire, un rôle primordial chez tous les êtres vivants?

C'est pour essayer de donner une première réponse à ces questions que nous avons étudié comparativement, au moyen de nombreux lots de Pigeons et à différentes doses, l'action de tous les extraits et produits activés précités, celle de l'*extrait autoclavé en milieu alcalin* (BS), enfin celle des mélanges suivants : *Extrait* E + *Terre activée* TA; *Extrait* E + *Extrait* BS; *Terre activée* TA + *Extrait* BS.

Nos résultats essentiels sont mis en évidence dans le tableau ci-dessus.

Conclusions. — Ni la terre à foulon activée par fixation de la vitamine antinévritique proprement dite, ni l'extrait de levure autoclavé en milieu alcalin, ne sont capables de prolonger sensiblement la vie de Pigeons soumis à un régime privé de vitamines B. Mais, fait remarquable, en employant le mélange des deux produits, on constate que *la durée de la survie est considérablement augmentée.*

Il semble que l'extrait autoclavé apporte un facteur hydro-soluble thermostable et alcalinostable indispensable au Pigeon, intervenant dans l'utilisation cellulaire des divers principes nutritifs et, spécialement, des glucides.

L'extrait E, c'est-à-dire l'extrait de levure de bière privé du facteur antinévritique, contiendrait donc, non seulement la vitamine dite d'utilisation nutritive (thermolabile), mais encore le facteur thermostable.

Il est vraisemblable que les fortes doses de terre activée (2g par jour) données aux Pigeons du dernier lot renferment, avec la vitamine antinévritique, une très faible quantité de vitamine d'utilisation nutritive.

ÉLECTRICITÉ PHYSIOLOGIQUE. — *Simplifications techniques de la mesure de la chronaxie chez l'homme avec les condensateurs. Présentation de l'appareillage.* Note (¹) de MM. **Georges Bourguignon** et **André Walter**, présentée par M. d'Arsonval.

Dans une série de travaux antérieurs, l'un de nous a établi une technique de mesure de la chronaxie chez l'Homme à l'aide des décharges de condensateurs (²), permettant de lui appliquer la méthode de Lapicque.

(¹) Séance du 25 juin 1928.

(²) G. Bourguignon, *La Chronaxie chez l'Homme*, 1 vol., Masson, 1923, p. 70 à 92.

Pour rendre la méthode pratique, il nous a paru intéressant de rechercher le moyen de simplifier les manœuvres nécessaires et d'en réduire le nombre.

I. *Doublage automatique.* — Pour doubler automatiquement le voltage rhéobasique, Tedeschi et Guglielmetti puis Lapicque et Gaudou, ont songé à introduire en série avec le réducteur de potentiel, une résistance égale à la sienne, qu'on supprime pour doubler le voltage.

On peut supprimer toute manœuvre pour doubler le voltage agissant sur le sujet, en plaçant une résistance additionnelle dans le circuit d'utilisation de telle manière que la recherche du seuil rhéobasique avec le courant continu s'effectue sur une résistance double de celle du circuit dans lequel se décharge le condensateur. Il suffit de placer une résistance égale à la résistance moyenne du circuit d'utilisation entre la source et la clef. Lorsque la clef sert à faire les fermetures et ouvertures du courant continu, le courant traverse le total de ces deux résistances. Lorsqu'elle sert à faire les charges et décharges de condensateurs, la résistance additionnelle se trouve dans le circuit de charge, mais est exclue du circuit de décharge dans lequel se trouve le sujet. La différence de potentiel agissant effectivement sur le sujet se trouve ainsi doublée, sans aucune lecture, sans aucune manœuvre. La mesure devient très rapide et toute erreur matérielle de lecture ou de manœuvre se trouve supprimée. Il ne reste que l'erreur provenant de l'écart entre la résistance réelle et la résistance moyenne : de nombreuses expériences comparatives ont prouvé que cette erreur est négligeable.

II. *Combinaison de la clef et du renverseur.* — Pratiquement il est nécessaire de faire autant de passages de courant dans un sens que dans l'autre, pour annuler la polarisation des tissus. Nous avons simplifié la double manœuvre de la clef et du renverseur en constituant une clef à double contact pivotant sur un axe passant par son extrémité fixe et entraînant dans son mouvement le renverseur. Le bouton de manœuvre de la clef a donc deux positions, l'une correspondant au sens direct du courant et l'autre au sens renversé, le sens direct étant celui dans lequel l'électrode active est négative. Cette combinaison réduit l'étendue des déplacements de la main manipulatrice, ce qui donne plus de fixité à la main qui tient l'électrode : la diminution des déplacements de l'électrode active augmente la précision et la rapidité de la mesure.

III. *Source.* — Le réducteur de potentiel, sans self, est l'adaptation à un voltage d'au moins 200 volts de celui de Lapicque. De faible résistance (400 ohms) il est nécessaire de l'alimenter avec une source de débit suffisant. Jusqu'à présent, la seule source possible était une batterie d'accu-

mulateurs de 100 éléments. Nous avous cherché à lui substituer une source d'encombrement moindre et d'entretien nul.

Nous avons employé le courant alternatif de secteur, de tension augmentée par transformateur, redressé par lampes-valves et filtré par selfs et capacités convenablement choisies. De nombreuses expériences comparatives avec cette source et avec la batterie d'accumulateurs nous ont montré la concordance absolue des rhéobases et des chronaxies déterminées avec les deux sources sur le même muscle, soit à l'état normal, soit à l'état pathologique. Cette source peut donc être considérée comme remplaçant rigoureusement la batterie d'accumulateurs.

Nous avons réalisé cet ensemble de simplifications dans une table dont nous présentons les éléments principaux.

L'ensemble du circuit (4000$^{\omega}$ dans le circuit principal, 10000$^{\omega}$ en dérivation, 11 000$^{\omega}$ ou 6000$^{\omega}$ en série dans la branche du sujet) et des commutateurs est réuni sous un petit panneau d'ébonite à la surface duquel se trouvent à portée de la main toutes les commandes.

Les résistances ont été réalisées avec une self et une capacité négligeables en divisant chaque résistance en multiples bobines extra-plates à simple enroulement et ne dépassant pas 2000 ohms.

Un jeu de trois clefs introduit dans l'une quelconque des trois portions du circuit soit le milliampèremètre, soit une résistance compensatrice égale à la sienne.

La résistance additionnelle pour le doublage automatique est de 11 125$^{\omega}$ quand la résistance en série avec le sujet est de 11000$^{\omega}$ et de 10460$^{\omega}$ quand elle est de 6000$^{\omega}$. Ces deux valeurs sont égales aux valeurs moyennes de la résistance totale du circuit pour un sujet de 2000 à 50000$^{\omega}$. Un commutateur double ajuste la résistance additionnelle à celle de la branche du sujet.

Le meuble est formé par la double table décrite par l'un de nous ([1]).

Le réducteur de potentiel et le combinateur des capacités sont à portée de la main sans déplacement du coude. Le réducteur peut pivoter pour être manœuvré soit par l'opérateur lui-même, soit par un aide.

Cet appareillage rend la mesure de la chronaxie chez l'homme plus sûre et plus rapide : on peut dans le même temps faire à peu près deux fois plus de mesures qu'avec les anciens dispositifs, avec une approximation au moins égale.

([1]) G. BOURGUIGNON, *loc. cit.*

Son maniement plus simple permet de se familiariser plus promptement avec la méthode et contribuera à sa généralisation.

L'addition d'un jeu de résistances variables pouvant, au moyen de commutateurs, remplacer les résistances fixes et d'un rhéostat pour diminuer le voltage d'alimentation du réducteur de potentiel permet de rendre la même table utilisable à la fois pour les mesures de chronaxie chez l'animal et chez l'homme.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *L'action dynamique spécifique chez les Blattes.* Note de M. **A. Gourévitch**, présentée par M. C. Matignon.

Je me suis proposé d'étudier, sur les indications de M. Portier, l'influence de l'action dynamique spécifique chez les Invertébrés. Aucune étude de cette question n'a été faite, à ma connaissance, jusqu'à présent. La difficulté qui se présente est, en effet, de trouver des Invertébrés auxquels on puisse faire accepter à volonté, tour à tour, un régime composé soit d'hydrates de carbone, soit de protéiques. Beaucoup d'Orthoptères, et les Blattes en particulier, se prêtent à ces modifications de régime. J'ai donc choisi comme animal d'expérience la Blatte (*Periplaneta orientalis*); j'ai opéré seulement sur des femelles. La quantité de la substance nutritive brûlée a été appréciée d'après les échanges gazeux.

La méthode employée a été la suivante : 4-6 individus ($1,7$-4^{g}), de dimensions aussi égales que possible, nourris préalablement avec la substance en question, ont été introduits dans un flacon de capacité exactement connue (110^{cm^3} environ). La température a été maintenue à $15°,3$ environ (avec des écarts de moins d'un degré). Après 20 heures environ l'air du flacon a été analysé par la méthode Laulanié-Plantefol. Puis l'intensité des échanges gazeux a été ramenée à 1 gramme-heure.

L'erreur expérimentale ne dépasse pas 5 pour 100.

Je me suis efforcé d'opérer sur des animaux aussi semblables entre eux que possible, afin de réduire au minimum l'influence des écarts individuels.

Une première série d'expériences a porté sur des animaux nourris de saccharose (sucre en poudre commercial). D'autres animaux du même lot, mais à jeun depuis plusieurs jours ont été étudiés. Voici les résultats obtenus :

---

(1) Calculé à 0 et 760^{mm} Hg.

	Millimètres cubes par gramme-heure		
	O^2.	CO^2 (1).	Q. R.
Blattes nourries avec du sucre :			
I	119	118	0,99
II	100	98	0,98
III	121	119	0,98
IV	114	122	1,07
V	120	127	1,06
VI	128	124	0,97
VII	122	121	0,99
VIII	120	114	0,95
Moyenne	118		
Blattes à jeun :			
I	101	78	0,78
II	113	88	0,77
III	105	83	0,79
Moyenne	107	83	

Si l'on admet pour les animaux nourris avec du sucre 118^{mm^3} de O^2 (et le même chiffre pour CO^2) comme consommation par gramme-heure, les écarts individuels sont d'environ 15 pour 100. On peut admettre 107^{mm^3} de O^2 consommé et 83^{mm^3} de CO^2 exhalé par gramme-heure, comme chiffre moyen pour les animaux à jeun.

L'alimentation sucrée a donc donné une augmentation d'environ 10 pour 100 en moyenne quant à la consommation d'oxygène; il est difficile de dire si cette augmentation a réellement lieu, car les différences individuelles sont de même ordre de grandeur. Il faut donc conclure que la nourriture hydrocarbonée n'augmente que peu (ou même peut-être pas du tout) la consommation de O^2. La quantité de CO^2 exhalé augmente par contre notablement car le quotient respiratoire tend vers l'unité.

Une autre série, provenant du même lot d'animaux, nourrie avec des protéiques a été expérimentée. Comme nourriture protéique j'ai choisi l'albumine d'œuf desséché et la caséine, également desséchée. Les blattes mangent assez volontiers ces substances; d'ailleurs l'autopsie pratiquée plusieurs fois a montré que l'intestin était rempli de la nourriture en question.

Cette série a donné les résultats suivants :

	Millimètres cubes par gramme-heure O^2.	CO^2.	Q. R.	Genre de nourriture.
I	161	130	0,81	caséine
II	167	129	0,77	caséine
III	117	93	0,80	albumine
IV	154	124	0,81	albumine
Moyenne	150	119		

L'augmentation des échanges gazeux (par rapport aux animaux à jeûn) a donc été en moyenne de 40 pour 100; elle portait aussi bien sur l'O^2 que sur le CO^2; par conséquent le Q. R. resta le même.

En conclusion : l'ingestion de sucre par les blattes n'augmente que peu (ou même peut-être pas du tout) la consommation d'O^2. La nourriture protéique, par contre, augmente notablement (de 40 pour 100 environ en moyenne) les échanges gazeux de ces animaux; cette augmentation semble bien ne pouvoir être due qu'à l'action dynamique spécifique.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *La castration, chez les Lombriciens, n'empêche pas l'évolution des caractères sexuels secondaires, anatomiques et physiologiques.* Note de M. **Marcel Avel**, présentée par M. Caullery.

J'ai rapporté, dans un travail paru il y a plus d'un an [1], le résultat de nombreuses expériences de castration partielle ou totale pratiquées sur des Lombriciens (*Allolobophora terrestris*, Sav. et *A. caliginosa*, Sav.), et montré l'indépendance des caractères sexuels secondaires (*clitellum*, etc.) et des glandes génitales, malgré leurs concordances évolutives. Ces expériences ont été poursuivies et étendues depuis lors, et les résultats actuels confirment absolument mes premières conclusions.

Les opérations consistaient en l'ablation des glandes génitales de l'un ou l'autre sexe (*castrations partielles*), ou en l'ablation de la totalité des glandes génitales des deux sexes et de leurs annexes principales, c'est-à-dire des 4 testicules, des 8 vésicules séminales, des 2 ovaires et des 2 vésicules ovariennes (*castrations totales*).

Les castrations partielles ont toutes été pratiquées sur des adultes. Les

(1) *C. R. Soc. Biol.*, 96, 1927, p. 1143.

castrations totales ont été effectuées sur des adultes (*castrations postpubérales*), et sur des jeunes avant la maturité génitale (*castrations prépubérales*). Les animaux ont été, depuis l'opération, conservés dans d'excellentes conditions et suralimentés, de sorte qu'ils ont atteint généralement un poids très supérieur au poids moyen des animaux de même espèce et de même âge pris dans la nature. La durée des expériences a varié de 1 an à 2 ans et 5 mois.

Les caractères sexuels secondaires des castrats postpubéraux (partiels ou totaux) se sont développés, dans tous les cas, absolument dans le même ordre que chez les témoins entiers, et ont atteint le même développement maximum. Après être restés à ce dernier état pendant une durée variable, qui dépendait de la nutrition, les caractères sexuels secondaires régressaient exactement dans le même ordre que chez les entiers. Les castrats prépubéraux (tous castrés totalement) continuaient, après leur opération, à grandir à une vitesse normale, et même rapide, grâce à la suralimentation. Lorsqu'ils avaient atteint la taille à laquelle apparaît la puberté chez les entiers, ils acquéraient tous les caractères sexuels secondaires de leur espèce, qui atteignaient leur développement habituel, puis régressaient dans les délais ordinaires. Les caractères sexuels secondaires de tous les castrats évoluaient donc exactement comme ceux des entiers, de sorte qu'il est impossible de distinguer extérieurement entiers et castrats.

Les castrats totaux ont été pendant une année conservés isolément. Au début de janvier 1928, une vingtaine d'entre eux, porteurs de caractères sexuels secondaires développés au maximum, ont été réunis deux par deux. Ils se sont immédiatement accouplés d'une manière normale et, depuis, ont continué à s'accoupler très souvent. Deux couples seulement ont donné des cocons, de taille et d'aspect normaux (coque pleine de vitellus extra-ovulaire) mais dépourvus d'œufs. Les autres castrats n'ont rien donné; pourtant ils s'accouplent au moins aussi souvent que les entiers. La plupart de ces castrats ont des caractères sexuels secondaires développés au maximum sans interruption depuis le début d'octobre 1927, donc depuis 9 mois, durée exceptionnellement longue (chez les entiers elle ne dépasse guère 6 mois). Il est à remarquer, d'autre part, que ces castrats couplés ont conservé, à la différence des castrats isolés, et probablement sous l'influence des accouplements répétés, un appétit considérable pendant toute cette période. Ils réalisent ainsi une suralimentation prolongée, dont l'effet se manifeste par une prolongation considérable du développement des carac-

tères sexuels secondaires. Cette observation constitue la contre-partie des expériences d'inanition rapportées dans une précédente Note ([1]), et confirme que les manifestations de la sexualité sont, chez les Lombriciens, sous la dépendance étroite de la nutrition.

Une quarantaine de castrats totaux ou partiels, porteurs de caractères sexuels secondaires développés au maximum, ont été soumis à une étude anatomique approfondie, sur des coupes en série complète. Ces examens ont montré que les glandes génitales (testicules et ovaires) et les vésicules ovariennes ne régénèrent à peu près jamais. Les vésicules séminales régénèrent assez souvent, mais pas toujours, et ces cas négatifs suffiraient à éliminer une influence possible de leur part sur les caractères sexuels secondaires. Pour obtenir une certitude complète, j'ai pratiqué l'ablation de toutes les vésicules séminales chez des animaux au début du développement du clitellum. Il n'en est résulté aucune régression, mais simplement un arrêt pendant la convalescence de l'opéré. Dès la guérison, le développement du clitellum a repris son cours pour atteindre vite son maximum dans un délai trop bref pour que les dissépiments lésés aient pu cicatriser complètement, donc bien avant que les vésicules séminales portées par ces dissépiments aient pu commencer à régénérer.

Conclusion. — L'évolution des caractères sexuels secondaires anatomiques, l'ardeur génitale et la possibilité de s'accoupler ne sont pas, chez les Lombriciens, sous l'influence des organes génitaux (testicules, ovaires), ni de leurs annexes directes (vésicules ovariennes, vésicules séminales). L'indépendance des caractères sexuels secondaires et des cellules germinales, déjà établie pour les vertébrés et les insectes, pourrait donc bien être générale chez les animaux.

BACTÉRIOLOGIE. — *Sur un bacille sporulé thermophile fonctionnant comme ferment lactique.* Note de M. G. **Guittonneau**, transmise par M. Lindet.

Parmi tous les ferments lactiques décrits jusqu'à ce jour, aucun n'a été signalé comme étant doué d'une activité notable à des températures supérieures à 55°C. J'ai pu cependant obtenir, à 68°, de très violentes fermentations lactiques. Le but de la présente Note est de faire connaître l'espèce bactérienne qui manifeste son activité au cours du phénomène observé.

([1]) *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 1761.

Cette espèce a été isolée pour la première fois de boue de Dax préalablement maintenue à 68-70° pendant plusieurs jours. Pour rappeler cette origine je propose de lui donner le nom de *Thermobacillus tarbellicus* (1). Mais ce nom n'implique aucune exclusivité quant à l'habitat des représentants du groupe. J'ai reconnu en effet que ceux-ci sont très largement répandus dans la nature et il est facile de les faire pulluler dans la terre arable et dans le fumier par un chauffage prolongé à 68-70°.

Une série de tâtonnements m'a démontré que les exigences alimentaires du *Thermobacillus tarbellicus* semblent être satisfaites aussi parfaitement que possible lorsqu'il vit dans un milieu nutritif que, pour simplifier, je désignerai par la lettre M, et dont la composition est la suivante : biphosphate de potassium, 1^g; sulfate de magnésium, $0^g,2$; sulfate de fer, $0^g,01$; chlorure de zinc, $0^g,005$; chlorure de manganèse, $0^g,005$; peptone Defresne, 15^g; saccharose, 40^g; eau du robinet, 1000^{cm^3}. Le liquide, neutralisé par la soude en présence de phénolphtaléine comme indicateur, est en outre additionné d'un grand excès de carbonate de calcium.

Ensemencé sur le milieu M et maintenu à diverses températures, le *Thermobacillus tarbellicus* accuse vers 68° un maximum très net dans sa vitesse de multiplication. Il suffit pour s'en rendre compte d'examiner le tableau ci-dessous.

Nombre de germes en millions par centimètre cube
(numérations faites sous le microscope).

Température des cultures.	A l'origine.	Après 4^h.	Après 7^h.	Après 10^h.	Après 12^h.	Après 30^h.	Après 50^h.	Après 150^h.
40°...	2,6	»	2.6	»	»	2,6	»	2,9
50...	2,6	5,2	13	130	286	260	208	»
68...	2,6	5,2	312	494	»	286	»	«
75...	2,6	»	2,6	»	»	2,6	»	2,6

Ce tableau montre en outre que, dans les limites de temps de mes expériences, la prolifération étudiée est pratiquement nulle à 40°. Elle est nulle également à 75° mais, à cette température, le milieu prend peu à peu une coloration brune très foncée qui révèle son altération chimique. Le microbe subit alors un ensemble d'influences si défavorables qu'au bout d'une quinzaine de jours il a perdu toute sa vitalité.

(1) Lors de l'invasion romaine la région de Dax était occupée par les Tarbelles.

Vis-à-vis de la chaleur agissant seule, indépendamment de toute action nocive du milieu, la résistance du *Thermobacillus tarbellicus* est cependant marquée. Il survit à une ébullition de 30 minutes et n'est tué, à 100°, qu'au bout d'une heure environ. Ce fait s'explique par la faculté qu'il a de produire des spores dont la formation s'observe aisément sur artichaut, ainsi qu'il sera dit plus loin.

En suivant au microscope l'évolution des cultures obtenues à 68° sur milieu M, on peut voir de très beaux bâtonnets immobiles, larges de 1^{μ} environ, souvent réunis en diplos pendant la période de multiplication, et ne dépassant pas alors la longueur de 4 à 6^{μ}, pour prendre plus tard des formes filamenteuses, plus ou moins sinueuses et entrelacées, dont la longueur peut atteindre et parfois dépasser 30^{μ}.

Rien n'est changé dans l'ordre des phénomènes que je viens de décrire si l'on opère sous le vide de la trompe à mercure au lieu d'opérer au contact de l'air. Le microbe étudié est donc indifférent à la présence ou à l'absence de l'oxygène.

Il est loin, par contre, d'être indifférent à la réaction du milieu, et, contrairement aux ferments lactiques de types connus, il supporte très mal l'acidité. Dans le milieu M privé de carbonate de calcium et amené à des pH variant de 4 à 10, je ne l'ai vu se développer qu'entre pH 6 et pH 9. Il ramenait alors assez régulièrement le pH du liquide nutritif au voisinage de 5,5 par production d'acide lactique aux dépens du sucre.

Les cultures du *Thermobacillus tarbellicus*, obtenues à 68° sur les principaux milieux couramment employés en bactériologie, présentent les caractères suivants :

L'eau peptonée se trouble et il se forme à sa surface un voile léger;

Le lait est fortement bruni sans coagulation et sa caséine subit une peptonisation très lente;

Sur gélose au bouillon de haricot peptoné sucré et soigneusement neutralisé, on voit apparaître en surface, au bout de 6 à 7 heures, des colonies d'abord transparentes et bleutées qui deviennent ensuite jaunâtres. Aucune colonie nettement délimitée ne se forme en profondeur.

Les cultures sur artichaut présentent au bout de 36 heures une coloration vert foncé anologue à celle que donne le *B. coli*. C'est dans ces cultures que j'ai pu suivre le plus commodément la formation de spores ovoïdes qui atteignent à maturité $1^{\mu},5$ de long sur $1^{\mu},3$ de large, chacune d'elles apparaissant à l'extrémité légèrement renflée d'un article dont la longueur ne dépasse guère 4 à 5^{μ}.

Le *Thermobacillus tarbellicus*, qui se décolore souvent, mais irrégulièrement par la méthode de Gram, reste au contraire parfaitement coloré par la méthode de Claudius.

ANATOMIE PATHOLOGIQUE. — *Du rôle de l'autolyse dans la pathogénie de la maladie de Charcot.* Note de M. **G. Marinesco**, présentée par M. Roux.

Il règne actuellement une grande obscurité sur la cause qui détermine l'apparition de la maladie de Charcot. Dans la grande majorité des cas de cette affection on ne trouve pas dans les antécédents des malades une relation de cause à effet entre une infection et la sclérose latérale amyotrophique. Sans doute la syphilis à la faveur d'une méningo-myélite peut réaliser un tableau symptomatique qui simule la maladie de Charcot, mais l'existence des phénomènes surajoutés et surtout l'examen du liquide céphalo-rachidien suffisent pour dissiper tout doute possible. D'autre part la méthode des cultures, la coloration des coupes par les méthodes capables de mettre en évidence des microbes ont donné des résultats négatifs.

On pourrait admettre l'existence d'un ultra-virus qu'on ne peut pas déceler dans les coupes ou par la méthode des cultures. Mais l'inoculation de moelle de sclérose latérale amyotrophique, recueillie aseptiquement chez deux singes, pratiquée sous la dure-mère est restée sans effet. Aussi il faut chercher la cause de cette maladie mystérieuse dans l'organisme lui-même, c'est-à-dire qu'on doit considérer la maladie de Charcot comme une maladie endogène.

Voici les faits qui tendent à confirmer cette opinion :

1° Les lésions des cellules et des fibres nerveuses dans la sclérose latérale amyotrophique se rapprochent de celles des maladies familiales, c'est-à-dire qu'il y a des lésions telles que la chromatolyse, la surcharge de pigment, la dégénérescence des fibres nerveuses qui relèvent de l'autolyse, c'est-à-dire d'une auto-digestion portant sur les substances albuminoïdes, les hydrocarbones et les lipoïdes.

L'autolyse n'est pas un phénomène de mort mais une fonction permanente de toutes les cellules vivantes, et les ferments endo-cellulaires ne sont autre chose que les agents du métabolisme cellulaire.

A mesure que la protéolyse s'accentue, les ions sont mis en liberté, et parmi ceux-ci le fer, qui joue un rôle essentiel comme catalysateur des oxydations. Or le fer est très abondant dans la myéline.

Le pigment jaune des cellules nerveuses représente un produit d'autolyse résultant du dédoublement des lipoïdes et notamment des mitochondries. Il y a dans la maladie de Charcot un trouble profond de toutes les constantes cellulaires dont l'équilibre est maintenu par des ferments. Or mes recherches d'histochimie tendent à prouver qu'il y a dans les fibres comme dans les cellules nerveuses un système diastasique représenté par deux fonctions : une fonction de catalyse proprement dite due au fer et peut-être au manganèse et une fonction des ferments oxydants attachée à une particule colloïdale.

La méthode pour la mise en évidence des oxydases fait voir, dans les cellules radiculaires de la corne antérieure et des noyaux bulbaires, une disparition progressive des oxydases et l'apparition d'un pigment jaune dû à l'autolyse.

Cette altération des ferments oxydants empêche la réintégration des processus chimiques. Il s'ensuit un effondrement de l'architecture des éléments constitutifs des cellules et des fibres nerveuses dû au déséquilibre entre des ferments oxydants et des ferments hydrolysants.

Les mêmes phénomènes de désintégration chimique se passent dans la dégénérescence des fibres des cordons latéraux qui est un élément constant de la maladie de Charcot. Dans le cylindraxe il s'agit d'une neurolyse dans laquelle il intervient les phénomènes de précipitation suivie d'hydrolyse. Ensuite la dégénérescence de la myéline relève d'une hydrolyse qui décompose la lécithine qui constitue une grande partie de la myéline et donne naissance à l'acide stéarique, à l'acide glycérophosphorique et à la choline.

Tous ces phénomènes d'ordre physico-chimique, suivis de l'effondrement de la structure des constantes cellulaires, sont sous la dépendance des ferments autolytiques qui se trouvent aussi bien dans les cellules que dans les fibres nerveuses. La dégénérescence des fibres nerveuses est l'expression de la prédominance des ferments hydrolytiques sur les ferments synthétiques, due à la perturbation de l'équilibre normal des deux espèces de ferments. Cet équilibre varie avec la concentration en ions H, et à la concentration intracellulaire des ions H sont reliés les phénomènes d'oxydation et de réduction et par conséquent les propriétés physico-chimiques des colloïdes cellulaires. Or il y a dans la sclérose latérale amyotrophique une pertur-

bation de l'activité des ferments comme s'il existait dans les éléments malades une autolysine prédominante dont l'action aboutit à la destruction des cellules et des fibres nerveuses.

A 16h30m, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17h.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 25 juin 1928.)

Nomination de la délégation française à la troisième assemblée générale de l'Union astronomique internationale :

Page 1792, ligne 7, *au lieu de* MM. Fernand et Lucien d'Azambuja, *lire* MM. Lucien d'Azambuja, Fernand Baldet, ...

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE JUIN 1928.

Les courbes de l'espace à n dimensions, par C. GUICHARD; préface de G. KŒNIGS, in *Mémorial des Sciences mathématiques*, fasc. XXIX. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1928; 1 fasc. 25^{cm}.

Notions fondamentales de Chimie organique, par CHARLES MOUREU. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1928; 1 vol. 23^{cm}.

Les Problèmes biologiques : XI. *Les bases physiologiques de la fécondation et de la parthénogenèse*, par ALBERT DALCQ; préface de A. BRACHET. Paris, les Presses universitaires de France, 1928; 1 vol. 24^{cm},5.

Précis de Pathologie externe, par E. FORGUE. Paris, Doin et Cie, 1928; 2 vol. 21^{cm}.

Au seuil de la chirurgie, par E. FORGUE. Paris, Doin et Cie, 1927; 1 vol. 22^{cm},5.

Nouveau Traité de Chirurgie, publié sous la direction de PIERRE DELBET et ANSELME SCHWARZ. XLIII. *Gynécologie*, par ÉMILE FORGUE et GEORGES MASSABUAU. Paris, J.-B. Baillière et fils, 1927; 1 vol. 25^{cm}.

Le problème géométrique des déblais et remblais, par PAUL APPELL, in *Mémorial des Sciences mathématiques*, fasc. XXVII. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1928; 1 fasc. 25^{cm},5.

La vie et l'œuvre d'Émile Haug (1861-1927), par CHARLES JACOB, extrait de la *Revue générale des Sciences*. Paris, Doin et Cie, 1928; 1 fasc. 21^{cm},5.

General Catalogue of Stellar Parallaxes, par FRANK SCHLESINGER. 1924; 1 fasc. 27^{cm},5.

Lettres de Madagascar (1896-1905), par GALLIENI. Paris, Société d'éditions géographiques, maritimes et coloniales, 1928; 1 vol. 23^{cm}.

Trempe, recuit, revenu. Traité théorique et pratique, par LÉON GUILLET. II. *Pratique*. Paris, Dunod, 1928; 1 vol. 25^{cm},5.

PUBLICATIONS PÉRIODIQUES REÇUES PENDANT L'ANNÉE 1927 (*suite*).

Proceedings of the United-States National Museum. Washington.
Procès-verbal de la séance de la Commission géodésique suisse. Neuchâtel.
Procès-verbaux des séances de la Société des sciences physiques et naturelles de Bordeaux. Bordeaux.
Programme des prix décernés par la Société industrielle de Mulhouse.
Progrès médical (*Le*). Paris.

Pubblicazioni dell'Osservatorio Ximeniano dei PP. Scolopi. Firenze.
Publications biologiques de l'École des hautes études vétérinaires. Brno.
Publications de la Faculté de médecine de Brno. Brno.
Publications de la Faculté des sciences de l'Université Masaryk. Brno.
Publications de l'Institut séismologique de l'Université de Beograd. Bulletin séismique. Sarajevo (voir *Union géod. et géoph. internat.*).
Publications du Bureau central séismologique international. Paris.
Publications du laboratoire d'astronomie et de géodésie de l'Université de Louvain. Louvain.
Publications du Musée d'anthropologie et d'ethnographie Pierre-le-Grand, près l'Académie des Sciences de l'U. R. S. S. Léningrad.
Publications of the Allegheny Observatory. Pittsburgh.
Publications of the Astronomical Observatory of the Warsaw University. Varsovie.
Publications of the Dominion Astrophysical Observatory. Victoria, Ottawa.
Publications of the Dominion Observatory. Ottawa.
Publications of the Kapteyn Astronomical Laboratory. Groningen.
Publications of the Lick Observatory. Berkeley.
Publications of the National Academy of Sciences of the United States of America. Easton.
Publications of the United States Naval Observatory. Washington.
Publications of the Washburn Observatory. Madison.
Publications of the Yerkes Observatory. Chicago.
Publikationen des Astrophysikalischen observatoriums zu Postdam. Postdam.
Publikationer fra det Danske meteorologiske Institut Meddelelser. Copenhague.

Quarterly Journal of the Geological Society (The). London.
Quarterly of the Colorado School of Mines. Golden (Colorado).
Queensland Geographical Journal. Brisbane.

R. Comitato talassografico italiano (Memoria). Venezia.
Records of the Geological Survey of India. Calcutta.
Records of the Indian Museum. Calcutta.
Recueil des travaux botaniques néerlandais. Amsterdam.
Recueil mathématique de la Société mathématique de Moscou. Moscou.
Regenwaarnemingen in Nederlandsch-Indië. Weltevreden.
Rendiconti del Circolo matematico. Palermo.
Rendiconti delle sedute della Reale Accademia Nazionale dei Lincei. Roma.
Rendiconti del Reale Istituto lombardo di scienze e lettere. Milano.
Rendiconti e memorie della R. Accademia degli Zelanti. Acireale.
Rendiconto dell'Accademia delle Scienze fisiche e matematiche. Napoli.

(*A suivre.*)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SEANCE DU LUNDI 9 JUILLET 1928.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE HAMY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'à l'occasion de la Fête nationale, la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mardi 17 juillet au lieu du lundi 16.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **R. G. Harrison**, professeur à l'Université Yale, membre de l'Académie Nationale des Sciences des États-Unis, et à M. **O. D. Kellogg**, professeur à l'Université Harvard, qui assistent à la séance.

MAGNÉTISME. — *Le grand électro-aimant de l'Académie des Sciences.* Note de M. **A. Cotton** [1].

L'Académie apprendra avec plaisir que le grand électro-aimant que j'ai pu faire construire pour elle, grâce à des fonds provenant de la Journée Pasteur, vient d'être terminé. Il est maintenant installé à la place qui lui était réservée à Bellevue, à l'Office national des Recherches scientifiques et industrielles et des Inventions dirigé par notre confrère M. J.-L. Breton.

Le but que l'on s'est proposé en construisant cet électro-aimant est nettement distinct de celui que M. Kapitza a réussi à atteindre à Cambridge.

---

(1) Cette note, quoique dépassant les limites réglementaires, est, par une décision spéciale, insérée intégralement.

M. Kapitza obtient et emploie avec une très grande habileté des champs exceptionnellement intenses — plusieurs centaines de mille gauss — mais ces champs n'existent qu'à l'intérieur de toutes petites bobines et ne peuvent être utilisés que pendant des temps de l'ordre du $\frac{1}{100}$ de seconde. Ce sont, au contraire, des champs permanents à la fois intenses et étendus que nous avons cherché à obtenir. Pour qu'un champ magnétique puisse servir à des recherches il faut — le plus souvent au moins ([1]) — que l'espace où ce champ est utilisé, l'*entrefer* de l'électro-aimant, soit aussi étendu que possible.

La formule de Stefan qui donne, en première approximation au moins, le champ entre les facettes terminales de pièces polaires tronconiques (les deux cônes ayant le même sommet) indique pour le champ, au sommet commun, une valeur infinie lorsqu'on réduit indéfiniment le diamètre et la distance des facettes terminales. Même si l'on tient compte de ce que l'aimantation n'est pas uniforme comme le supposait Stefan, on trouve que le champ pourrait être accru sans limites si l'on pouvait employer des pointes polaires travaillées et centrées avec une exactitude géométrique. Cela montre bien que la question si souvent posée « Quel champ donne cet électro-aimant ? » n'a de sens que si l'on précise en même temps les dimensions de l'entrefer, *ces dimensions devant être telles que l'entrefer puisse réellement être utilisé*.

Non seulement il faut de la place pour loger les objets qui doivent subir l'action du champ magnétique mais il arrive parfois que la grandeur même des phénomènes qu'on étudie dépende directement de l'étendue du champ. C'est le cas notamment de la biréfringence magnétique dont je me suis longuement occupé avec M. Mouton et c'est parce que j'avais constaté le gain considérable qu'apporte l'accroissement des dimensions de l'électro-aimant que j'avais demandé, il y a longtemps déjà, la construction d'un gros appareil ayant des noyaux de l'ordre de 1^{m} de diamètre. Dans nos publications aux *Comptes rendus* et aux *Annales de Physique et de Chimie*, dans des conférences à la Société de Physique et au Conservatoire des Arts et Métiers, dans des articles de Revues ([2]), j'insistai sur l'intérêt général que présentait une telle construction. J'avais obtenu en 1912 de la Faculté des

---

([1]) Il faut excepter les cas où le phénomène à étudier dépend des dérivées du champ par rapport aux coordonnées (Expériences de Gerlach et Stern ou d'Ehrenhaft).

([2]) Dans le dernier de ces articles (*Revue générale des Sciences*, 25, 1914, p. 626 et 665) j'ai indiqué l'état où se trouvait alors la question après les travaux de la Commission.

Sciences et de l'Université de Paris que l'on mît en réserve dans ce but 50000^fr prélevés sur le legs Commercy. M. P. Appell, qui présidait alors l'Académie des Sciences, avait réuni une Commission « pour examiner les conditions dans lesquelles pourrait être réalisé un électro-aimant d'une puissance exceptionnelle ». Cette Commission (¹) avait tenu une série de séances en 1914. M. Pierre Weiss qui avait joint ses efforts aux miens pour faire aboutir le projet avait établi en collaboration avec M. A. Piccard l'avant-projet d'un électro-aimant ayant des noyaux de 1^m de diamètre. Notre regretté confrère, le Prince Roland Bonaparte, faisait partie de cette Commission; il désirait attacher son nom à l'œuvre entreprise. Au moment où il allait fournir les moyens financiers nécessaires, la guerre éclata.

Après la fin des hostilités je repris mon ancien projet et je fis appel aux fonds de la Journée Pasteur. Grâce à l'avis favorable de tous nos confrères, un crédit d'un million de francs fut accordé en 1924 par la Commission de distribution des Fonds produits par cette Journée, Commission présidée par M. Émile Picard. Je pus alors consacrer tous mes efforts à la réalisation du gros électro-aimant de l'Académie des Sciences.

Mais il fallut modifier le projet primitif. D'une part, en effet, il parut impossible de construire et surtout de mettre en place la lourde culasse de 60 tonnes prévue dans le projet de 1914. D'autre part, des travaux sur la production des champs magnétiques avaient paru depuis les réunions de 1914. Boas et Pederzani (²) annonçaient de très bons résultats obtenus avec un électro-aimant à noyaux tronconiques; indépendamment, notre confrère M. Villard (³) proposait lui aussi des noyaux tronconiques et se demandait si la culasse ne devait pas être renforcée avec cette forme de noyaux, alors que M. Ollivier avait trouvé que, dans le cas de longs noyaux droits, la culasse est à peu près inutile. Une nouvelle étude s'imposait : elle a d'ailleurs été décidée par la nouvelle Commission de l'Électro-Aimant (⁴),

(¹) La Commission était composée des Membres suivants : M. Appell, Président de l'Académie, président, MM. Darboux, Lippmann, Picard, d'Arsonval, Violle, Amagat, Deslandres, le Prince Bonaparte, Carpentier, Bouty, Villard, Hamy, Branly, de Gramont. Ses travaux ont été publiés dans les *Mémoires de l'Académie*, 53, n° 1.

(²) *Zeitschrift f. Physik*, 19, 1924, p. 351.

(³) *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 1365.

(⁴) Sa composition fut dès lors la suivante : M. Émile Picard, président ; MM. A. Lacroix, Appell, d'Arsonval, Deslandres, Bigourdan, Hamy, Villard, Branly, Blondel, Rateau, Charpy, Janet, Weiss, Breton, Brillouin, Ferrié, Perrin, de Broglie, Georges Claude, A. Cotton.

reconstituée depuis la guerre sous la présidence de M. Émile Picard. J'ai poursuivi cette étude avec la collaboration constante de M. Mabboux, ingénieur attaché à la section de Physique de l'Office national des Inventions.

Une fois le nouveau modèle choisi, une réduction au quart, sorte de « maquette » du gros instrument prévu, fut réalisée de façon à permettre des essais systématiques. Cet instrument fut entièrement construit — sauf les bobines — dans les Ateliers de l'Office des Inventions, où on lui fit subir une série de retouches successives pour répondre aux diverses questions posées. On modifia la forme des deux paires de noyaux dont l'appareil était pourvu de façon à leur laisser le même diamètre moyen, en conservant les bobines, dont le creux avait été laissé à dessein un peu plus large que les noyaux. De même on a choisi deux entrefers types assez grands pour être mesurés bien exactement et dans chaque cas on s'est astreint à les reproduire rigoureusement, les bouts des pièces polaires voisins de l'entrefer étant toujours les mêmes dans tous les cas.

Conclusions déduites des études faites sur le modèle réduit. — Ces études ont fourni les résultats suivants :

1° Lorsque les noyaux dépassent nettement les bobines on augmente le champ en les raccourcissant. Mais il n'y a que des différences minimes entre les champs donnés par les diverses formes étudiées de noyaux courts. Si Boas et Pederzani avaient cru que les noyaux coniques étaient très avantageux, c'est qu'ils avaient fait une erreur dans la mesure absolue de leur champ étalon.

2° Même pour des noyaux courts la culasse n'a décidément pas, pour les valeurs des champs réalisés, l'importance qu'on lui attribuait. En enlevant les deux tiers de la culasse, la diminution du champ n'a jamais atteint dans nos expériences 1 pour 100, même quand cette suppression rendait la section de la culasse inférieure à celle de la base des noyaux. Si l'on supprime complètement la culasse, les montants sur lesquels les noyaux sont fixés étant assemblés par du chêne remplaçant le fer, la diminution du champ est de quelques centièmes seulement pour les courants les plus intenses employés et la différence s'atténue à mesure qu'on augmente l'excitation.

3° Revenons aux petites différences que l'on constate entre les diverses formes de noyaux et remarquons que lorsqu'on passe d'une forme de noyaux à une autre en conservant le même entrefer, la distance entre les joues en regard des deux bobines est nécessairement modifiée. Si l'on détermine alors le champ direct des bobines au centre de l'instrument, on trouve toujours que les champs réels mesurés se disposent dans le même ordre que ces champs directs mais les différences constatées sont accrues par la présence du fer.

On peut, par des considérations élémentaires, rendre compte approximativement de ces faits expérimentaux : Le champ mesuré dans l'entrefer d'un électro-aimant (il s'agit d'un électro-aimant moderne n'ayant de bobines qu'autour de noyaux) peut être considéré, en effet, comme la résultante de deux champs : le champ propre des bobines et le champ créé par le fer aimanté. Ce second champ résulte des actions élémentaires de tous les points où des masses magnétiques libres, Nord ou Sud, apparaissent, mais parmi les masses en question celles qui ont l'action prépondérante sont celles qui sont le plus voisines du centre. Le champ direct des bobines passant au centre par une valeur stationnaire (maximum ou minimum) varie peu au voisinage. On comprend donc que le champ calculé au centre donnera des indications sur l'état d'aimantation du fer dans les régions les plus intéressantes au point de vue de la formation du champ.

On se rend compte de même du peu d'influence de la culasse lorsque l'électro est suffisamment excité : les pôles de noms contraires qui apparaissent aux endroits où l'on supprime la culasse tendent bien à diminuer le champ mais ils sont trop loin pour agir directement d'une façon sensible.

Le calcul le plus utile quand on veut prévoir théoriquement les qualités d'un électro-aimant est donc celui du champ direct des bobines au centre de l'instrument. C'est cette considération qui doit intervenir dans le choix des formes de bobines au point de vue de la puissance et du rendement. Comme on augmente toujours le champ produit au centre de l'appareil par une spire de diamètre donné en la rapprochant du plan équatorial, il est théoriquement avantageux de rapprocher autant que possible l'une de l'autre les deux bobines constituant l'enroulement. S'il n'y avait pas des raisons pratiques pour maintenir libre l'accès de l'entrefer ce seraient évidemment les bobines disposées sur les cônes eux-mêmes des pièces polaires qui seraient les plus avantageuses (bobines supplémentaires amovibles de P. Weiss, bobines polaires de Deslandres et Perot).

La considération du circuit magnétique, très utile quand il s'agit d'un appareil à circuit magnétique fermé comme un transformateur, ne peut plus servir de guide dans le cas d'un tel électro-aimant de laboratoire. On ne peut guère s'en servir alors que dans des cas très particuliers (pièces polaires plates presque au contact). En effet aucune des approximations que l'on fait dans cette théorie n'est valable et la partie du flux réellement utilisée, celle qui circule dans l'entrefer compris entre les facettes polaires, n'est souvent qu'une toute petite partie du flux total que l'on calcule.

Les résultats de l'étude ainsi conduite nous ont permis assez facilement, à M. Mabboux et à moi-même, de terminer au commencement de 1927 le projet du gros électro-aimant. Il fut plus difficile de le faire exécuter car les prix de toutes choses s'élevaient sans cesse. Je ne puis remercier ici toutes les personnes qui sont intervenues pour faciliter ma tâche, non plus que les constructeurs qui ont accepté d'exécuter à des prix avantageux des com-

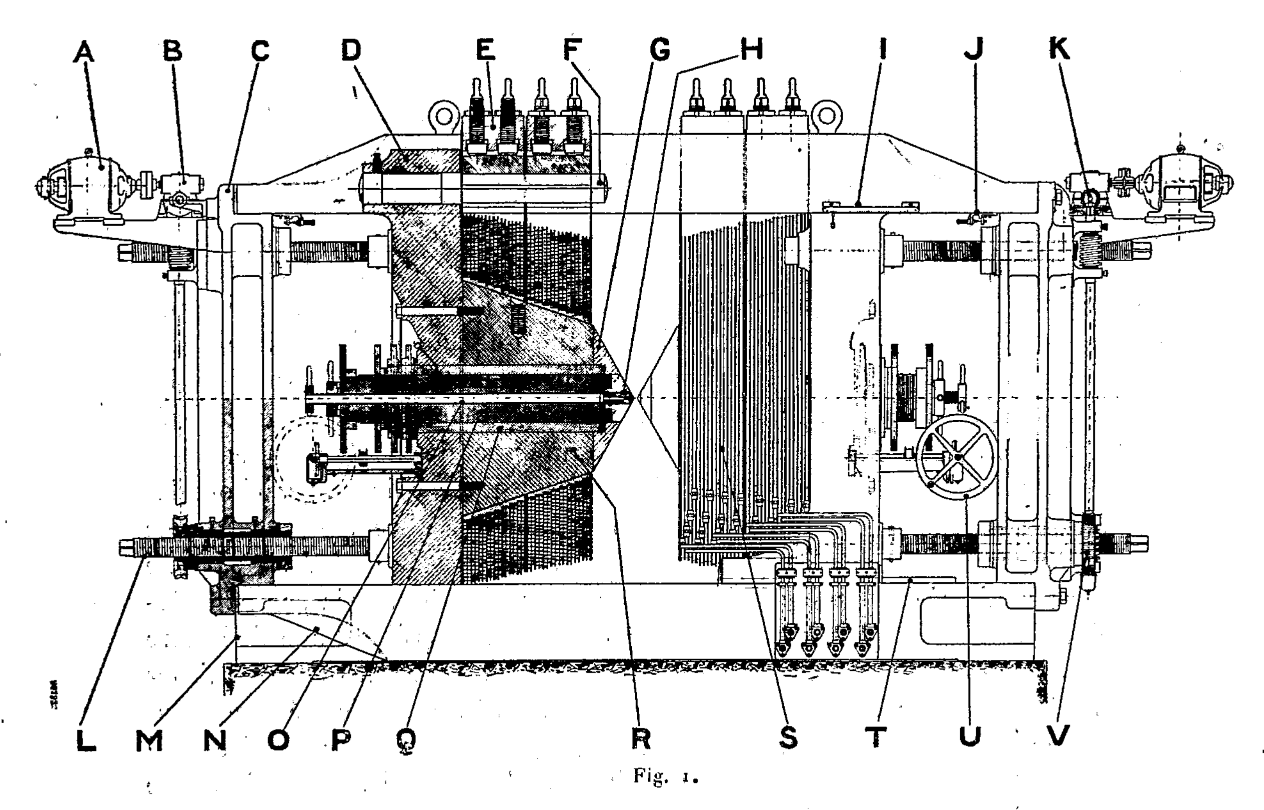


Fig. 1.

mandes n'ayant aucun intérêt commercial. Qu'on me permette cependant de faire une exception : Je rencontrai de très grandes difficultés pour faire fabriquer de grosses pièces polaires en ferro-cobalt, ce métal dont P. Weiss a signalé les précieuses propriétés magnétiques : Grâce à la collaboration gracieuse de notre confrère M. A. Charpy, toutes ces difficultés ont pu être levées. Je lui exprime toute ma reconnaissance.

Partie magnétique du gros électro-aimant. — La forme choisie pour le gros électro-aimant est une forme symétrique telle que les déformations inévitables des pièces s'opposant aux attractions magnétiques laissent les noyaux exactement coaxiaux. La forme de la culasse qui a paru finalement

la plus avantageuse est celle d'une sorte de cage (*voir les fig.* 1 et 2 et les photogravures correspondantes *fig.* 3 et 4 qui représentent l'appareil alors qu'il était encore à l'Usine) constituée par quatre poutres horizontales, des *longerons* fixes (M) en acier doux coulé réunis à leurs extrémités par des entretoises ajourées en fonte (C); sur les deux poutres inférieures glissent deux montants verticaux (D) portant à la fois les noyaux et les bobines

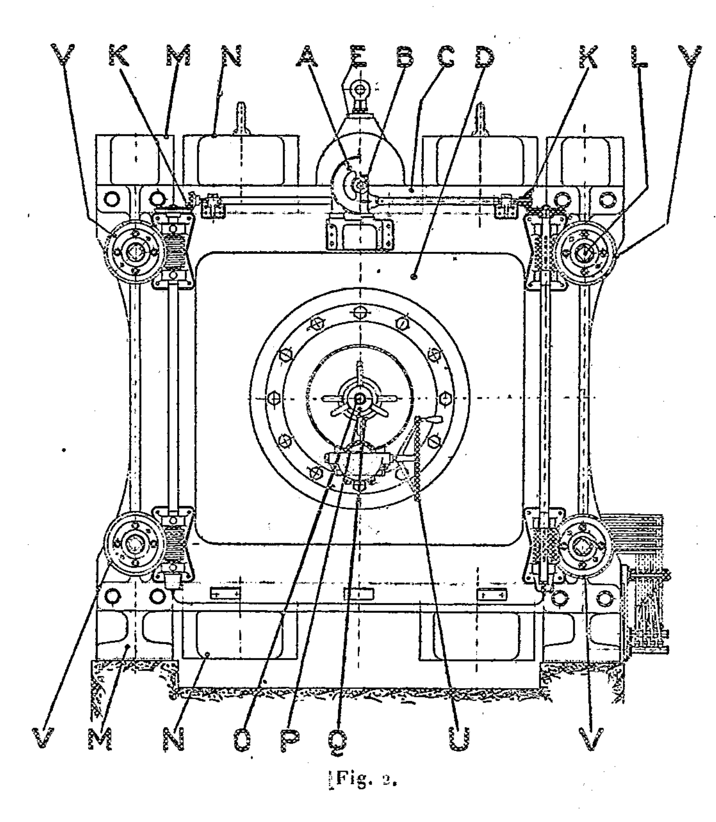


Fig. 2.

qui se déplacent avec ces derniers. D'autres poutres horizontales plus larges, des longerons également en acier doux (N) s'appliquent sur les faces supérieures et inférieures de la cage et les montants viennent glisser tout près d'eux quand on les déplace. Ces longerons sont destinés à accroître la section de la culasse dont une partie est déjà formée par les longerons latéraux. Ceux du haut, qui reposent sur les entretoises, peuvent être enlevés à l'aide du pont roulant.

Cette forme d'électro-aimant que j'avais, il y a fort longtemps, proposée à P. Weiss n'est à vrai dire pas avantageuse du tout pour un instrument de dimensions courantes; la cage gêne quand on veut manier des objets placés

dans l'entrefer. Mais cette forme devient au contraire très commode pour un très gros électro-aimant parce que l'opérateur peut alors pénétrer dans

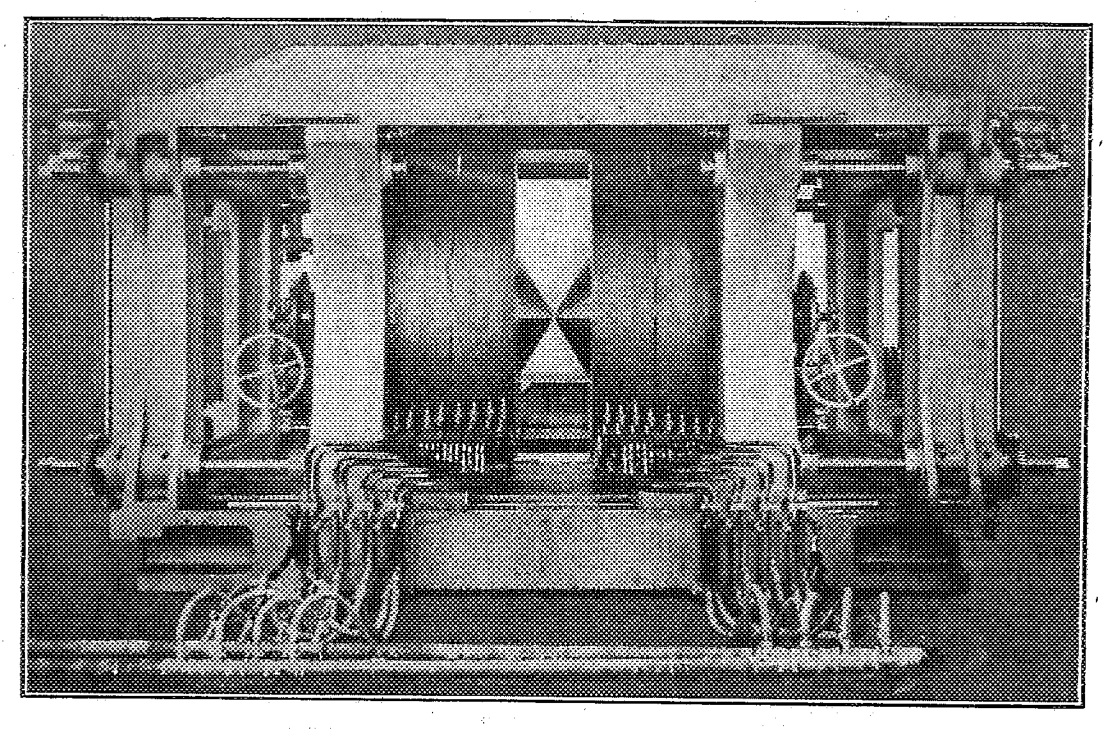


Fig. 3.

Quelques nombres relatifs au grand électro-aimant de l'Académie des Sciences.

Noyaux tronconiques forgés	diamètre moyen	0,98	mètre
	grand diamètre	1,21	mètre
	petit diamètre	0,75	mètre
	longueur	0,65	mètre
	poids approximatif des deux noyaux	7	tonnes
	tubes centraux	2,5	tonnes
Culasse en acier doux moulé : poids total environ		50	tonnes
Montants en acier doux moulé : poids total environ		30	tonnes
Entretoises : poids total		6	tonnes
Bobines en acier doux moulé diamètre extérieur maximum		1,90	mètre
Poids du cuivre électrolytique		8,6	tonnes
Nombre total de spires		1250	tours
Section du conducteur carré (à coins arrondis) : coté		1,55	cm
Section du conducteur carré : diamètre du trou		0,89	cm
Courant employé à Bellevue actuellement		400	ampères

la cage et passer entre les bobines, ou même s'il le veut entre les pôles après les avoir écartés. Les faces en regard des bobines hautes de $1^{m},90$ laissent

entre elles en effet un couloir dont la largeur, toujours plus grande que 0m,41, peut atteindre 1m,25.

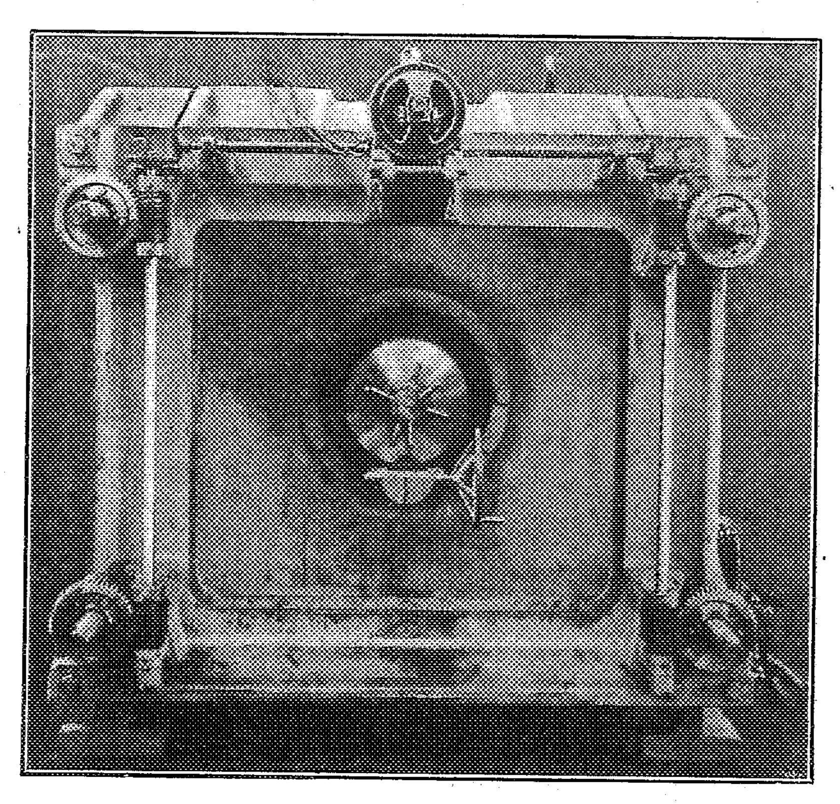


Fig. 4.

Tension employée à Bellevue actuellement	240	volts
Densité du courant (en ampères par millimètre carré)	2,3	volts
Puissance électrique (en ampères par millimètre carré)	96	kilowatts
Résistance de l'enroulement à 20° C	0,6	ohm
Pression de l'eau	1	kg/cm²
Débit approximatif	1	litre/sec
Élévation de température	25	degrés
Encombrement total (y compris les organes de manœuvre) :		
Longueur (approximative)	6,30	mètres
Largeur	2,75	mètres
Hauteur totale	2,75	mètres
Hauteur des longerons du bas (situés au-dessous du niveau du sol)	0,40	mètre
Poids globaux fer, environ	105	tonnes
Poids globaux cuivre	9	tonnes
Poids globaux divers	6	tonnes
Poids globaux ensemble	120	tonnes

On peut être surpris, d'après ce qu'on a dit de l'étude de la maquette,

qu'on ait conservé une culasse très importante : ce n'est pas seulement parce que la culasse est tout de même utile quand on emploie une excitation réduite, les pôles étant très écartés, c'est aussi parce que le champ magnétique au voisinage de l'instrument est nettement plus intense dans le cas d'un instrument sans culasse. Ce champ parasite serait fort gênant dans certains cas. L'étude du rôle de la culasse a eu tout de même une conséquence pratique importante : elle a montré que l'on pouvait tolérer délibérément des entrefers supplémentaires entre les pièces mobiles et les pièces fixes, ce qui a supprimé bien des difficultés de construction. On a évité ainsi en effet les frottements entre les parties glissantes [1] et l'on a pu introduire des organes permettant de régler l'orientation des noyaux de façon à les rendre exactement coaxiaux.

Les noyaux (R) en acier extra-doux forgé sont tronconiques, on a choisi cette forme pour des raisons autres que la considération de l'intensité du champ puisque, comme on l'a vu, elle ne dépend guère de la forme des noyaux. Des noyaux cylindriques, plus courts encore, donnaient des champs un peu plus intenses, mais l'entrefer devenait moins accessible.

Les noyaux sont traversés selon leur axe par trois tubes concentriques (O), (P), (Q) manœuvrés par le volant manivelle U et servant à maintenir et à manœuvrer les pièces polaires R. Celles-ci sont terminées par les pièces terminales concentriques (H) en ferro-cobalt, respectivement de 250^{mm} et 60^{mm} de diamètre. Les diamètres d'entrefer varient entre 750^{mm} (grandes pièces plates) et 3^{mm}. On obtient des champs plus intenses et plus uniformes, pour un entrefer donné, en réglant convenablement la place des facettes polaires par rapport aux cônes principaux G, ce réglage se fait à l'aide des tubes concentriques.

Partie mécanique. — Quatre vis (L) assurent le mouvement de chacun des montants, elles sont calculées pour résister dans tous les cas à l'effort magnétique qui peut dépasser 100 tonnes. Elles sont mues par deux moteurs (A) à grande variation de vitesse, au moyen d'un équipement d'engrenages coniques (K) et de roues à vis tangentes (N) qui oblige à la simultanéité de manœuvre. Des limiteurs de course J empêchent tout accident possible lorsque les moteurs sont en marche.

---

(1) Avant l'étude du modèle réduit je pensais que l'on pourrait diminuer ces frottements en faisant reposer les larges longerons sur des ressorts choisis de façon que ceux du haut et ceux du bas appuient *très légèrement* sur les montants lorsque le champ est supprimé.

Partie électrique. — Les bobines (S) sont enroulées sur une carcasse de bronze, leurs joues sont en aluminium, elles sont supportées par leurs têtes réglables sur les barres de suspension (F) solidaires des montants. On pourrait les enlever au besoin et s'en servir en dehors de l'électro-aimant. Elles comportent un enroulement formé, comme dans tous les électro-aimants de Weiss, par un tube de cuivre où l'on fait circuler de l'eau, le tube étant de section carrée (à bords arrondis) de $1^{cm},55$ de côté et renferment une masse utile de cuivre de 8,6 tonnes. Suivant une disposition que M. Huguenard nous avait conseillée et qui avait été employée déjà dans la maquette, les galettes successives sont formées chacune de deux couches jointives que le courant électrique (et le courant d'eau) traversent successivement en allant d'abord par la périphérie vers le centre puis retournant du centre au pourtour. La fabrication de ces galettes est faite comme celles des éléments des bobines des gros transformateurs, elles sont imprégnées par cuisson dans un mélange isolant approprié. L'isolement résiste à 10000 volts.

Le courant employé le plus souvent sera de 400 ampères sous 240 volts : la puissance est donc d'environ 100 kilowatts et le nombre d'ampères-tours 1250×400, soit 500000.

Champs magnétiques produits. — Ils n'ont pas encore été mesurés dans les différents entrefers, cette étude va être entreprise. Dès à présent on peut assurer que ceux que nous promettions en 1914, Weiss et moi, et que j'ai reproduits dans l'article cité de la *Revue générale des Sciences*, seront certainement atteints. La loi de similitude énoncée par Lord Kelvin et Rowland permet en effet d'indiquer d'avance quelques-uns des champs donnés par le gros électro-aimant en les déduisant des résultats des mesures faites sur la maquette. D'après cette règle (¹), si l'on multiplie par λ toutes les dimensions linéaires d'un électro-aimant, y compris celles des bobines, et si l'on divise par λ la *densité moyenne* du courant circulant dans l'instrument agrandi, on obtient le même champ aux points correspondants du petit et du grand instrument si le fer employé est le même dans les deux cas. Partant de là j'indiquais au Congrès de Côme, l'année dernière, que le gros électro-aimant donnerait un champ voisin de 43500 gauss dans un entrefer limité par deux facettes de 4^{cm} de diamètre distantes de 2^{cm} *si les pièces*

(¹) La règle ainsi énoncée résulte immédiatement des lois élémentaires de l'électromagnétisme. On donne souvent de cette règle des énoncés différents, faisant intervenir le nombre des ampères-tours. Elle n'est alors plus exacte si les méridiennes des mobiles ne sont pas semblables.

polaires étaient en fer. L'emploi du ferro-cobalt (dans les parties centrales seulement) devait d'après Weiss augmenter ce champ de 6 pour 100, ce qui donne 46100 gauss. Or nous avons obtenu effectivement dans cet entrefer, avec les pièces en ferro-cobalt, un champ égal à 46400 gauss, dépassant très légèrement la valeur calculée.

Les champs plus intenses que donnera l'électro-aimant dans de petits volumes — encore utilisables — seront d'ailleurs accrus par la suite de l'appoint très important que fourniront des bobines supplémentaires placées dans l'entrefer. Le choix de ces bobines (relativement peu coûteuses) dépend

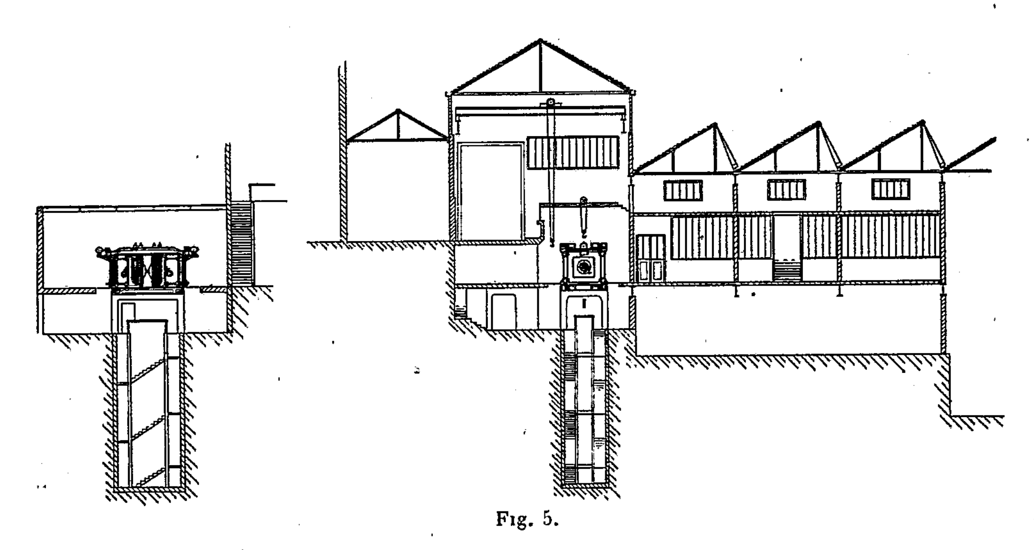


Fig. 5.

de la nature des expériences. Elles ne sont pas encore construites; on a simplement fait des études préliminaires relatives à leur fonctionnement. Mais, dès à présent, M. Breton a fait installer dans la Station d'Essais qui se trouve non loin de l'Électro-aimant, sur les terrains de l'Office National des Recherches et Inventions, de puissants groupes de transformation donnant ensemble (en continu) 2000 kilowatts, ils serviront à alimenter ces bobines supplémentaires.

Installation générale. — Ajoutons que sur l'emplacement de l'Électro-aimant lui-même, entre les piliers qui servent à le supporter, se trouve, dans une chambre spéciale, une table qui portera la fente et le châssis d'un grand spectrographe vertical à autocollimation. Pour installer ce spectrographe on a construit un puits de 9^m de profondeur, soigneusement clos et bien étanche, dont la température constante permettra des recherches d'optique très délicates. En outre, pour travailler avec un électro-aimant il faut des

appareils : ceux qui serviront à Bellevue seront prêtés par le Laboratoire des Recherches Physiques de la Faculté des Sciences. Pour aménager les salles de travail où ils seront placés (voir *fig.* 5), pour acquérir certains instruments spéciaux, des crédits ont été accordés à l'Université de Paris sur les fonds de la Taxe d'apprentissage par le Ministère de l'Instruction publique.

On voit que l'ensemble de cette installation, par les dimensions de l'instrument principal, par la puissance qu'il mettra en jeu, par les diverses facilités qu'apporte le choix de son emplacement, dépasse largement ce dont on disposait jusqu'à présent. Les travailleurs qui pourront bientôt en profiter — une fois les mesures de champs faites et quelques aménagements nécessaires achevés — n'oublieront pas que si cette réalisation a pu être faite, c'est grâce à la Journée Pasteur. Leur souvenir reconnaissant ira à tous ceux qui ont participé à l'organisation de cette Journée, en même temps qu'à ces milliers de donateurs qui ont fait ce jour-là, dans tout le pays, en souvenir du grand savant qui pour tant de Français personnifie la Science même, un geste généreux pour nos Laboratoires.

GÉODÉSIE. — *Sur la mesure de l'arc de méridien des Alpes françaises.* Note de M. **P. Helbronner.**

Les Communications que j'ai faites au cours des précédentes séances de l'Académie ont résumé diverses considérations mises en jeu ou divers résultats obtenus pour servir à la détermination des longueurs des segments composant l'arc de méridien que j'ai réussi à calculer entre le Sud de la Tunisie et le Nord de la Norvège. L'ensemble de l'arc, dont j'apporte aujourd'hui l'exposé très succinct de l'établissement, s'est composé originellement, dans son milieu, des segments de la Chaîne Méridienne des Alpes, de la jonction géodésique de la Corse et de la Chaîne Méridienne de Corse, auxquels j'ai peu à peu annexé, au Sud et au Nord, les enchaînements publiés par les services d'États étrangers ou qui m'ont été communiqués manuscrits ainsi que je l'ai antérieurement indiqué. Il s'étend depuis la position de Médenine, extrémité Sud de la Méridienne de Gabès dont la latitude est 33°22′28″,00 à la position de Fugleness, appartenant au réseau primordial de Norvège et dont la latitude s'élève à 70°40′11″,23. Son amplitude atteint donc 37°17′43″. Il a été décomposé en 31 segments, limités par celles des déterminations astronomiques que j'ai retenues à l'effet d'établir les relais de comparaison. Les calculs consécutifs peuvent être considérés

comme affranchis de toute influence due à la nature des ellipsoïdes sur lesquels les différentes triangulations se sont étalées : car la plupart des 675 triangles que j'ai choisis pour construire la chaîne sont de surface assez faible pour que l'excès sphérique qu'il a fallu prendre en considération se soit, en général, trouvé indépendant des données de l'ellipsoïde correspondant. Cependant, dans la jonction des Alpes à la Corse, et plus encore pour la liaison de la triangulation de la Sardaigne à la Sicile et à la Tunisie, j'ai dû avoir recours à des triangles de dimensions anormales dont les excès sphériques variaient sensiblement suivant les valeurs des rayons de courbure adoptés. Pour ces grands triangles, l'excès sphérique a été calculé par la formule $\varepsilon = \frac{ab \sin C}{2 N_m \rho_m \sin 1''}\left(1 + \frac{a^2 + b^2 + c^2}{24 N_m \rho_m}\right)$.

Les calculs ont été divisés en deux grandes parties ; la première qui va du lac Léman au Sahara comprend :

1° La Chaîne Méridienne des Alpes depuis Ripaille jusqu'à Porquerolles, la jonction de la Corse, la Chaîne Méridienne de Corse ;

2° L'enchaînement méridien emprunté à la triangulation fondamentale de la Sardaigne ;

3° La jonction de la Sardaigne à la Tunisie par l'utilisation de la triangulation auxiliaire de jonction de la Sardaigne et de la Corse au continent italien, l'enchaînement primordial du réseau continental de la Péninsule, celui de la Sicile, puis la jonction de la Sicile à la Tunisie ;

4° La Chaîne Méridienne dite de Gabès établie en Tunisie par le Service géographique français.

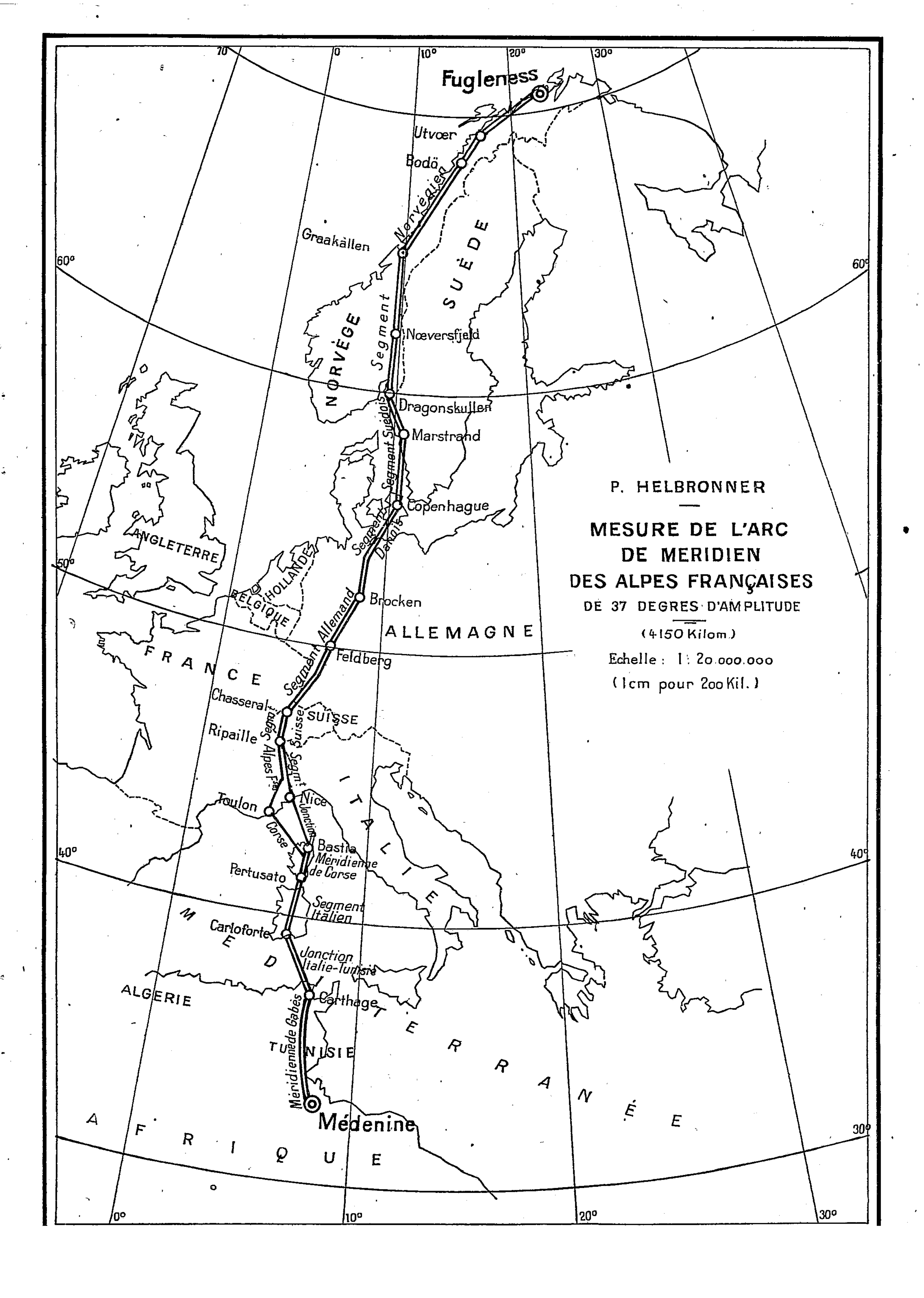
La seconde partie, qui s'étend du Léman au Nord de la Norvège, est extraite de :

1° La liaison de ma Chaîne Méridienne des Alpes françaises au réseau Suisse et de l'enchaînement fondamental de ce réseau jusqu'à la région septentrionale du Jura ;

2° L'ensemble des différents réseaux primordiaux allemands publiés par le Service officiel prussien ;

3°, 4° et 5° L'ensemble des triangulations fondamentales du Danemark, de la Suède et de la Norvège.

Les calculs des segments ont été faits, en général, sur deux enchaînements et le contrôle de leur longueur s'est effectué en projetant les différents côtés ou lignes géodésiques des triangulations sur les méridiens des deux positions extrêmes des segments. A une exception près, les coïncidences se sont réalisées à quelques mètres. Un seul segment en effet — le plus septentrional —, celui d'Utvœr-Fugleness, a présenté un écart d'une cinquantaine de mètres entre les deux valeurs le mesurant. Toutefois, sans recourir dans


P. HELBRONNER
MESURE DE L'ARC
DE MERIDIEN
DES ALPES FRANÇAISES
DE 37 DEGRES D'AMPLITUDE
(4150 Kilom.)
Echelle : 1 : 20.000.000
(1cm pour 200 Kil.)
Fugleness
Utvoer
Bodö
Graakällen
Nœversfjeld
Dragonskullen
Marstrand
Copenhague
Brocken
Feldberg
Chasseral
Ripaille
Nice
Toulon
Bastia
Pertusato
Carloforte
Carthage
Médenine
Segment Norvégien
Segment Suédois
Segment Danois
Segment Allemand
Segment Suisse
Segment Alpes Fses
Segmt Jonction
Corse
Méridienne de Corse
Segment Italien
Jonction Italie-Tunisie
Méridienne de Gabès
NORVÈGE
SUÈDE
ANGLETERRE
HOLLANDE
BELGIQUE
ALLEMAGNE
FRANCE
SUISSE
ITALIE
ALGERIE
TUNISIE
AFRIQUE
MEDITERRANÉE
70
0
10°
20°
30°
60°
50°
40°
0°
10°
20°
30°

ce cas unique à la moyenne des deux valeurs, il a pu être procédé à un choix rationnel de l'une des deux, en considération de la confiance nettement supérieure à attribuer aux opérations astronomiques de la position correspondante.

Noms des segments.	Triangulation originelle.	Longueur des segments méridiens. M
1. Médenine-Kairouan	Chaîne méridienne de Gabès (S. G. de l'Armée)	260087,02
2. Kairouan-Carthage..........		125804,06
3. Carthage-Carloforte	Triangul. italienne fondamentale	253506,06
4. Carloforte-Pertusato.........	Triangulation italienne et Hr	248365,25
5. Pertusato-Ajaccio...........	Chaîne méridienne de Corse Hr	60188,55
6. Ajaccio-Alistro...........	Id.	38393,66
7. Alistro-Ile Rousse............	Id.	41335,71
8. Ile Rousse-Bastia	Id.	7198,20
9. Bastia-Porquerolles	Jonction géodés^{que} de la Corse Hr	33555,21
10. Porquerolles-Moulin Paillas...	Chaîne méridienne des Alpes françaises Hr	24349,43
11. Moulin Paillas-Nice..........		56287,85
12. Nice-Aiguilles...............		117065,36
13. Aiguilles-Séez..		93923,30
14. Séez-Ripaille................		85599,55
15. Ripaille-Chasseral...........	Institut topograph. fédéral et Hr	82065,34
16. Chasseral-Solitude..........	Institut topographique fédéral et État prussien	183884,35
17. Solitude-Feldberg en Taunus..	Triangulation de l'État prussien	160784,97
18. Feldberg en Taunus-Brocken..	Id.	174280,18
19. Brocken-Dietrichshagen.......	Id.	256869,27
20. Dietrichshagen-Copenhague...	Triangulation du Danemark	174910,07
21. Copenhague-Himmelskullen...	Triangulation de la Suède	134904,00
22. Himmelskullen-Marstrand	Id.	111136,47
23. Marstrand-Dragonkullen......	Id.	134898,06
24. Dragonkullen-Jonsknuden.....	Triangulation de la Norvège	63693,17
25. Jonsknuden-Hoïkors	Id.	90603,34
26. Hoïkors-Nœverfjeld	Id.	80274,89
27. Nœverfjeld-Gien.............	Id.	132264,53
28. Gien-Graakallen.............	Id.	114803,56
29. Graakallen-Bodö.............	Id.	428304,77
30. Bodö-Utvœr.................	Id.	290957,05
31. Utvœr-Fugleness............	Id.	89054,50

Il y a lieu de signaler plus particulièrement le calcul du segment Carloforte-Carthage, pour lequel aucune liaison directe ne pouvait exister du fait de l'impossibilité de visées réciproques entre les territoires de la Sardaigne et de la Tunisie. J'ai pu tourner la difficulté en imaginant la construc-

tion d'une série de très grands triangles auxiliaires dérivés des résultats italiens de la triangulation fondamentale de la Péninsule et de sa jonction à celle de la Sardaigne. Malgré le manque d'homogénéité des différents réseaux italiens s'appuyant sur plusieurs bases non raccordées, l'erreur probable maxima de la mesure de la distance entre Carloforte et Carthage ne semble pas sur 253^{km} devoir dépasser de beaucoup une dizaine de mètres, si même elle les atteint.

La série des segments est résumée par le tableau ci-contre.

La longueur totale des différents segments méridiens découlant des triangulations s'élève donc à $4149347^{m},73$.

L'allure générale de l'arc est résumée par le schéma au vingt-millionième qui accompagne cette Note.

NOMINATIONS.

M. **H. Le Chatelier** est désigné à nouveau pour faire partie de la *Commission Permanente de Standardisation*, instituée au Ministère du Commerce et de l'Industrie.

CORRESPONDANCE.

GÉOMÉTRIE ALGÉBRIQUE. — *Sur les configurations de l'espace ordinaire.* Note [1] de M. **G. Nicoladzé.**

J'ai démontré dans ma Thèse [2] quelques propriétés de configurations planes. J'applique ici la même méthode dans l'étude des configurations de l'espace.

1. Analogiquement au début du Chapitre V de ma Thèse (p. 68-70) nous démontrerons le théorème suivant :

Théorème 1. — *Pour que la surface générique* F, *appartenant à un faisceau* [3] *d'indice m, admette un point multiple d'ordre m, mobile en*

---

[1] Séance du 2 juillet 1928.

[2] G. Nicoladzé, *Sur les systèmes continus de figures géométriques*. Édit. A. Blanchard, Paris, 1928.

[3] Sous le nom de faisceau, je suppose un système continu *à un paramètre*.

dehors de la base de ce faisceau, il est nécessaire que ce soit un faisceau rationnel qui peut alors prendre la forme suivante :

$$\varphi_0(x, y, z) + \lambda\varphi_1(x, y, z) + \ldots + \lambda^m \varphi_m(x, y, z) = 0, \tag{1}$$

et que toutes les $\varphi_i(x, y, z)$ *soient linéairement indépendantes entre elles. Il existe alors la relation suivante entre le nombre p des points multiples d'ordre m de* F *et l'ordre k de la courbe-lieu* K *de ces points multiples* (dans le cas où K ne contient aucun point-base) :

$$\boxed{pm = nk}. \tag{2}$$

2. Considérons le n-èdre, formé par n plans osculateurs à une cubique gauche C^3. Nous trouvons aisément d'après le théorème précédent :

Théorème 2. — $\frac{n(n-1)(n-2)}{3}$ *sommets de deux n-èdres arbitraires, circonscrits à une même* C^3, *sont placés sur une même courbe* K (¹) *d'ordre* $\frac{(n-1)(n-2)}{2}$ *qui est le lieu des sommets du faisceau d'ordre* 3 *ainsi déterminé. n points d'osculation décrivent dans ce faisceau une série linéaire* g_n^1 *sur* C^3.

Théorème 3. — $\frac{n(n-1)(n-2)}{2}$ *sommets de trois n-èdres arbitraires, circonscrits à une même* C^3, *sont placés sur une même surface* Σ (²), *d'ordre* $n-2$, *qui est le lieu des sommets du système à deux paramètres ainsi déterminé. n points d'osculation décrivent dans ce système une série linéaire* g_n^2 *sur* C^3. *Considérons les mouvements de ce système laissant fixe un des plans du n-èdre. La configuration des* $n-1$ *arêtes appartenant à ce plan fixe décrit dans ce mouvement un faisceau d'ordre* 2 *généralisant les polygones de Poncelet* (³).

3. Soient : u le paramètre, $2\omega_1$, $2\omega_2$ les périodes de trois fonctions elliptiques d'ordre 4 déterminant en *coordonnées tangentielles* la courbe gauche de quatrième classe première espèce A^4 (⁴), et soit Δ un tel nombre

---

(¹) Ne dépendant que de $2(n-1)+6$ paramètres, K n'est pas la courbe générale d'ordre $\frac{(n-1)(n-2)}{2}$.

(²) Ne dépendant que de $3(n-2)+6$ paramètres, Σ n'est pas la surface générale d'ordre $n-2$.

(³) Cette généralisation est étudiée dans ma Thèse (p. 87-88).

(⁴) A^4 est corrélative de la biquadratique gauche. Voir Appell et Lacour, *Fonctions elliptiques*. Éd. Paris, 1922.

que n est le plus petit entier qui donne

$$n\Delta \equiv 0 \quad (\text{mod. } 2\omega_1, 2\omega_2).$$

Nous trouvons aisément :

THÉORÈME 4. — *$4n$ plans suivants (osculateurs à A^4) :*

(3) $$u_i, \quad u_i+\Delta, \quad \ldots, \quad u_i+(n-1)\Delta \qquad (i=1, 2, 3, 4),$$

où les u_i satisfont à la relation

(4) $$u_1+u_2+u_3+u_4 \equiv 0 \qquad (\text{mod } 2\omega_1, 2\omega_2),$$

déterminent une configuration $M(n)$ de $4n$ plans, $6n^2$ droites et n^3 points telle qu'en employant la désignation admise, nous avons

(5) $$[(4n)^{3n}_{n^2}, \quad (6n^2)^2_n, \quad (n^3)^6_4];$$

dans chaque plan de $M(n)$ est réalisée la configuration de Steinitz (1) :

$$[(3n)_n, \quad (n^2)_3].$$

En appliquant ma méthode, il est facile de démontrer :

THÉORÈME 5. — *$2n^3$ sommets de deux $M(n)$ arbitraires, circonscrites à la même A^4, sont placés sur une courbe K d'ordre n^2 qui est le lieu des sommets du faisceau d'ordre 4 des $M(n)$ ainsi déterminé. $4n$ points d'osculation décrivent dans ce faisceau une série linéaire g^1_n sur A^4.*

THÉORÈME 6. — *$3n^3$ sommets de trois $M(n)$ arbitraires, circonscrites à la même A^4, sont placés sur une surface d'ordre n, qui est le lieu des sommets du système à deux paramètres ainsi déterminé. $4n$ points d'osculation décrivent dans ce système une série linéaire g^2_n sur A^4. Considérons les mouvements de ce système laissant fixe un des plans de $M(n)$. La configuration de Steinitz appartenant à ce plan fixe décrit dans ce mouvement un faisceau d'ordre 3* (2).

La généralisation au cas d'espace à n dimensions est facile; on peut, d'autre part, généraliser les théorèmes 2 et 3 au cas de courbes gauches unicursales.

---

(1) STEINITZ, *Arch. f. Math. u. Phys.*, 3e série, **16**, 1910, p. 297.

(2) Les faisceaux d'ordre 3 de configurations de Steinitz sont étudiés dans ma Thèse, p. 93-97.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur la transformation des surfaces intégrales de l'équation aux dérivées partielles* $s^2 - rt = (pq)^{\frac{4}{3}}$. Note [1] de M. **H. Jonas**, présentée par M. Émile Borel.

La recherche des surfaces d'élément (E), $ds^2 = \frac{9}{4}(u\,du^2 - 2\,du\,dv + v\,dv^2)$, est équivalente à celle des surfaces auxiliaires vérifiant la relation $K = -p^4$, K étant la courbure totale et p la distance de l'origine au plan tangent. Un beau résultat de M. Tzitzéica relatif à ces surfaces est la transformation T_n [2] qui rapproche cette théorie de celle que M. Bianchi développe pour les quadriques déformées. On peut, en effet, en déduire une transformation Θ_n, conservant les asymptotiques et reproduisant l'élément (E). Bien que cette opération ne soit plus une transformation asymptotique, on arrive, comme je le montre dans un Mémoire récent [3], à la décomposer en deux transformations asymptotiques successives, la surface intermédiaire n'appartenant plus au type considéré. Je signale une nouvelle application géométrique du procédé T_n, conduisant à une décomposition analogue. Considérons provisoirement trois fonctions de α, β, reliées par la relation $\xi\eta\zeta = 1$, et satisfaisant à une même équation de Moutard :

$$\mathcal{F}(\xi) = \mathcal{F}(\eta) = \mathcal{F}(\zeta). \tag{1}$$

Employons, pour abréger, le symbole

$$< u, v > = \int (u_\alpha v - v_\alpha u)\,d\alpha - (u_\beta v - v_\beta u)\,d\beta,$$

la quantité sous le signe de quadrature étant une différentielle exacte en vertu de la relation $\mathcal{F}(u) = \mathcal{F}(v)$. Rappelons, dès à présent, la formule fondamentale qui se rattache à la transformation de Moutard :

$$< u_1, v_1 > = < u, v > + u_1 v - v_1 u. \tag{2}$$

En utilisant les formules de Lelieuvre

$$x = < \eta, \xi >, \qquad y = < \zeta, \xi >, \qquad z = < \xi, \eta >, \tag{3}$$

on définit une surface S, d'asymptotiques (α, β), solution de l'équa-

---

(1) Séance du 2 juillet 1928.

(2) *Comptes rendus*, 150, 1910, p. 955 et 1227.

(3) *Math. Annalen*, 92, 1924, p. 214.

tion (D), $s^2 - rt = pq^{\frac{4}{3}}$; indiquons le moyen d'obtenir ξ, η, ζ. En posant $\xi = \frac{1}{\mathfrak{J}\mathfrak{J}'}$, $\eta = \frac{\mathfrak{J}^2}{\mathfrak{J}'}$, $\zeta = \frac{\mathfrak{J}'^2}{\mathfrak{J}}$, le système (1) nous donnera le suivant :

$$\mathfrak{J}_{\alpha\alpha} = \varphi_\alpha \mathfrak{J}_\alpha + e^{-\varphi}\mathfrak{J}_\beta, \qquad \mathfrak{J}_{\alpha\beta} = e^{\varphi}\mathfrak{J}, \qquad \mathfrak{J}_{\beta\beta} = e^{-\varphi}\mathfrak{J}_\alpha + \varphi_\beta \mathfrak{J}_\beta,$$

où φ désigne une intégrale de l'équation aux dérivées secondes $\varphi_{\alpha\beta} = e^{\varphi} - e^{2\varphi}$. Or, en comparant aux formules de M. Tzitzéica, on reconnaîtra que $\mathfrak{J}$ peut s'interpréter comme une des coordonnées courantes d'une surface $K = -p^4$. Pour avoir $\mathfrak{J}'$, on intégrera l'autre système $\mathfrak{J}'_{\alpha\alpha} = \varphi_\alpha \mathfrak{J}'_\alpha - e^{-\varphi}\mathfrak{J}'_\beta$ etc., auquel se joint la relation compatible $e^{-\varphi}(\mathfrak{J}_\alpha \mathfrak{J}'_\beta + \mathfrak{J}_\beta \mathfrak{J}'_\alpha) - \mathfrak{J}\mathfrak{J}' = 0$. Notons que les couples $\left(\frac{\mathfrak{J}'}{\mathfrak{J}}, \frac{1}{\mathfrak{J}}\right)$ et $\left(\frac{1}{\mathfrak{J}'}, \frac{\mathfrak{J}}{\mathfrak{J}'}\right)$ jouissent de propriétés analogues à celles que nous venons d'établir pour $(\mathfrak{J}, \mathfrak{J}')$ et que, de plus, les expressions (3) peuvent se mettre sous la forme

$$x = 3 < \mathfrak{J}, \mathfrak{J}' >, \qquad y = 3\left\langle \frac{\mathfrak{J}'}{\mathfrak{J}}, \frac{1}{\mathfrak{J}} \right\rangle, \qquad z = 3\left\langle \frac{1}{\mathfrak{J}'}, \frac{\mathfrak{J}}{\mathfrak{J}'} \right\rangle.$$

Chercher une *transformation t_n, applicable aux surfaces* (D), se ramène donc à opérer trois procédés particuliers de Moutard, simultanés, mais *différents:* partons en effet de la fonction R de M. Tzitzéica, solution du système

$$R_{\alpha\alpha} = \varphi_\alpha R + \frac{1+n}{1-n} e^{-\varphi} R_\beta, \qquad R_{\alpha\beta} = e^{\varphi} R, \qquad R_{\beta\beta} = \frac{1-n}{1+n} e^{-\varphi} R_\alpha = \varphi_\beta R_\beta,$$

n étant une constante caractéristique. La formule (2) permet d'achever *sans quadratures* le calcul des coordonnées de la surface transformée S_1 :

$$x_1 = x + 3\left(n^{\frac{1}{3}}\mathfrak{J}_1\mathfrak{J}' - n^{-\frac{1}{3}}\mathfrak{J}'_1\mathfrak{J}\right), \qquad y_1 = y + \frac{3}{\mathfrak{J}_1\mathfrak{J}}\left(n^{\frac{1}{3}}\mathfrak{J}'_1 - n^{-\frac{1}{3}}\mathfrak{J}'\right), \qquad \ldots.$$

Ajoutons que le point $(x_1, \ldots)$ de S_1 est situé sur une certaine surface cubique, accompagnant le point $(x, \ldots)$ de S, et que l'opération inverse est une transformation $t_{\frac{1}{n}}$. Je n'insisterai pas sur le *théorème de permutabilité*. Attachons-nous plus spécialement au cas de deux transformations t_n et $t_{\frac{1}{n}}$, assujetties à la condition $e^{-\varphi}(R_\alpha R'_\beta + R_\beta R'_\alpha) - RR' = 0$ dont il faut tenir compte en déterminant R'. Il existe alors une transformation t_n qui fait passer de S_1 à S_2; nous avons donc *un cycle formé de trois transformations t_n* (ou bien $t_{\frac{1}{n}}$ dans l'ordre inverse). Soit maintenant la surface S^*

lieu du point,

$$x^* = x + \eta^* \zeta - \zeta^* \eta, \ \ldots,$$

où l'on a

$$\xi^* = \frac{1}{\omega}, \qquad \eta^* = \frac{\mathfrak{J}\mathfrak{J}_1\mathfrak{J}_2}{\omega}, \qquad \zeta^* = \frac{\mathfrak{J}'\mathfrak{J}'_1\mathfrak{J}'_2}{\omega},$$

$$\omega = \frac{n^{-\frac{1}{3}}}{3}(\mathfrak{J}\mathfrak{J}'_1 + \mathfrak{J}_1\mathfrak{J}'_2 + \mathfrak{J}_2\mathfrak{J}') = \frac{n^{\frac{1}{3}}}{3}(\mathfrak{J}\mathfrak{J}'_2 + \mathfrak{J}_2\mathfrak{J}'_1 + \mathfrak{J}_1\mathfrak{J}'),$$

cette dernière égalité étant essentielle pour le but que nous avons en vue. On démontrera d'abord sans peine : 1° que le point (x^*, ...) est dans le plan mené par les points correspondants de S, S_1, S_2, et 2° que les droites qui le joignent à ces points sont tangentes à S, S_1, S_2. Pour établir qu'elles sont en même temps tangentes à S^*, il y a avantage à rechercher la transformation de Moutard qui change ξ, η, ζ respectivement en ξ^*, η^*, ζ^*, ces dernières quantités étant proportionnelles aux cosinus directeurs de la normale au plan considéré.

La fonction transformatrice $\frac{RR'\omega}{\mathfrak{J}\mathfrak{J}'}$ y conduit, de sorte que *pour décomposer la transformation t_n en deux transformations asymptotiques successives, il faut associer à* S, S_1 *une troisième surface* S_2 *de la classe* (D), *complétant le cycle; alors la surface* S^*, *étrangère à la classe* (D), *et qui constitue la nappe focale commune des deux congruences* W *réalisant ce double passage, est l'enveloppe du plan passant par trois points correspondants de* S, S_1, S_2.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le prolongement des surfaces de Riemann.* Note de M. **de Possel**, présentée par M. Hadamard.

1\. Considérons une surface de Riemann F, sur laquelle existe un contour Γ [défini dans ma Note précédente ([1]), p. 1093, 2, *b*]. Il la partage en deux autres surfaces F_1, F_2, dont l'une, F_1, est équivalente à une aire à un seul feuillet, autrement dit est *schlichtartig*. J'ai montré (p. 1094) qu'une telle surface est prolongeable, en utilisant un théorème non démontré de la théorie des fonctions.

Voici une démonstration basée sur la notion de *variété de Riemann* ([2]), notion qui résulte d'une extension de la méthode alternée de Schwarz.

([1]) *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 1092.

([2]) Pour la notion de variété de Riemann, voir H. Weyl, *Die Idee der Riemannscher Fläche* (Teubner, 1914 ou 1923); T. Radò, *Über den Begriff der Riemannschen Fläche* (*Acta Universitatis Hungaricae Franciscae Josephinae*, 2, II, 1825, p. 101; ou bien Bochner, *Fortsetzung Riemannscher Flächen* (*Mathematische Annalen*, 98, 1927, p. 409).

Représentons la portion F_1 sur un plan, et prolongeons-la par tout le plan moins l'intérieur (ou l'extérieur) du contour Γ correspondant à Γ'. Il est toujours possible de la prolonger de cette façon puisque Γ n'est pas réductible à zéro. Nous obtenons une surface F'_1, qui, jointe à F_2, nous définit une variété de Riemann, variété qui prolonge la surface F. Nous avons donc le théorème suivant : *Lorsque le polygone fondamental d'une surface de Riemann n'a pas de côté sur le cercle, la condition nécessaire et suffisante pour qu'elle soit prolongeable est qu'elle ait un contour* Γ. (Le seul cas en défaut est celui de la sphère pointée.)

2. Nous pouvons tracer sur la surface F une infinité dénombrable de contours Γ, sans points communs, soient Γ_n, chacun d'eux découpant une portion F_n équivalente à une aire à un seul feuillet, et tels qu'il reste alors une portion $\mathcal{F}$ ne contenant plus de contour Γ. Nous pouvons prolonger chacune des portions F_n, comme ci-dessus, en F'_n, et nous obtenons une variété de Riemann constituée par l'ensemble des portions $\mathcal{F}$, F'_1, F'_2, ..., F'_n, ... et ne possédant plus de contour Γ.

Cette variété n'est plus prolongeable. Ce résultat a été obtenu par M. Bochner, qui énonce que toute surface de Riemann admet un prolongement complet (*vollständig*), mais sa démonstration fait appel à la bien-ordonnance du continu ([1]).

3. Sur toute surface de Riemann F, on peut tracer une infinité dénombrable ([2]) (ou un nombre fini) de contours fermés sans points communs C_n qui, si on les considère comme des coupures, transforment la surface en une autre équivalente à une aire à un seul feuillet. Nous pouvons donc représenter F sur un plan, chaque contour C_n donnant deux contours C'_n, C''_n dont les points se correspondent et dont les voisinages sont en représentation conforme. La surface recouvre la région du plan extérieure aux contours C'_n et C''_n moins un certain ensemble K.

Ceci a été fait par M. Bochner ([3]). Mais ajoutons à la surface l'ensemble K ([4]), nous obtenons une nouvelle variété de Riemann Φ prolongeant la surface F. On démontre aisément que Φ n'a pas de contour Γ, donc n'est plus prolongeable. C'est une nouvelle façon d'obtenir le prolon-

---

([1]) BOCHNER, *loc. cit.*, p. 415.

([2]) BOCHNER, *loc. cit.*, p. 414, § 14.

([3]) BOCHNER, *loc. cit.*, p. 421, § 2.

([4]) Si l'ensemble des contours C'_n, C''_n morcelle le plan, nous n'ajoutons de l'ensemble K que la portion qui est comprise dans la région correspondant à la surface.

gement complet d'une surface, qui a l'avantage de nous renseigner sur ce prolongement.

Toutefois, la méthode donnée dans ma Note précédente pour obtenir le prolongement complet avait l'avantage de donner le groupe de la nouvelle surface, c'est-à-dire la forme canonique de cette surface.

On en déduit que : *Les surfaces non prolongeables sont d'un type particulier : elles peuvent se représenter sur un plan moins les intérieurs d'une infinité (ou d'un nombre fini) de paires de courbes fermées dont les points se correspondent, avec représentation conforme des voisinages* (1).

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur le théorème de M. Picard.* Note de M. **Henrik L. Selber**, présentée par M. Émile Borel.

Les considérations suivantes contiennent une application des théorèmes fondamentaux de la théorie des fonctions méromorphes, établis par M. Nevanlinna (2); nous nous servirons des désignations adoptées dans ce Mémoire.

Soient

$$x = f(z) \qquad y = f_1(z) \tag{1}$$

deux fonctions méromorphes d'ordre fini dans le voisinage du point singulier essentiel $z = \infty$, et liées l'une à l'autre par l'équation

$$y^2 = 4x^3 - g_2 x - g_3 = 4(x - e_1)(x - e_2)(x - e_3). \tag{2}$$

Montrons d'abord que la fonction

$$\Phi(z) = \frac{f'(z)}{\sqrt{4(f - e_1)(f - e_2)(f - e_3)}} \tag{3}$$

est d'un caractère rationnel dans le voisinage de $z = \infty$. Des théorèmes fondamentaux il s'ensuit, en effet, par un simple calcul que

$$\left\{ \begin{aligned} & m(r, f, e) = O(\log r), \\ & N\left(r, \frac{f'}{f_1}, \infty\right) = O(\log r), \end{aligned} \right. \tag{4}$$

(1) Le cas d'un nombre fini de paires de courbes a été examiné par M. Bochner (*loc. cit.*, § 7, p. 419).

(2) *Acta mathematica*, 46, 1925, p. 1-100.

où e est une quantité quelconque. De plus, nous avons (1)

$$(5)\qquad m\left(r, \frac{f'}{f}, \infty\right) = O(\log r).$$

De (4) et (5) il s'ensuit que

$$(6)\quad T(r, \Phi) = N(r, \Phi, \infty) + m(r, \Phi, \infty) \leqq N(r, \Phi, \infty) + m\left(r, \frac{f'}{f}, \infty\right) + m(r, f, \infty) + \frac{1}{2}\sum_{n=1}^{3} m(r, f, e_n) = O\log r).$$

On obtient, par conséquent, de (3)

$$f(z) = p[R(z) + \alpha\log z], \qquad f_1(z) = \pm p'[R(z) + \alpha\log z)$$

où

$$\alpha = \frac{m\omega_1 + n\omega_2}{\pi i} \qquad (m \text{ et } n \text{ entiers})$$

en désignant par ω_1 et ω_2 les demi-périodes de la fonction elliptique $p(u)$ et par $R(z)$ une fonction de caractère rationnel dans le voisinage de $z = \infty$.

On aura alors, en général : *Si les fonctions $x = \varphi(z)$ et $y = \varphi_1(z)$, méromorphes et d'ordre fini dans le voisinage du point $z = \infty$, sont liées par une équation algébrique de genre $p = 1$, elles ont la forme*

$$\varphi(z) = E[R(z) + \alpha\log z], \qquad \varphi_1(z) = E_1[R(z) + \alpha\log z],$$

où E *et* E_1 *sont des fonctions elliptiques.* De plus, en se servant d'une représentation bien connue des fonctions elliptiques par p et p', on déduira des considérations précédentes que

$$m(\nu, \varphi, e) + m(\nu, \varphi_1, e) = O(\log r).$$

La détermination des fonctions caractéristiques $T(\nu, \varphi)$ pour ces fonctions donne, ou $T(\nu, \varphi) \sim K\nu^{2n}$ ou bien $T(\nu, \varphi) \sim K(\log\nu)^2$, où n est un nombre entier. Ce résultat peut être utilisé pour établir quelques théorèmes concernant les valeurs multiples (voir G. Valiron, *Lectures on the General Theory of Integral Functions*, p. 76). Si l'ordre de la fonction $f(z)$ considérée n'est pas entier, le nombre des valeurs quasi exceptionnelles de poids $\geqq \frac{1}{2}$ (2) ne

---

(1) R. Nevanlinna, *loc. cit.*, p. 51.

(2) Suivant une terminologie de G. Valiron, e est dit valeur quasi exceptionnelle de poids $1 - \frac{1}{m}$ pour $f(z)$ lorsque les zéros de $f(z) - e$ ont un ordre de multiplicité supérieur ou égal à m.

dépasse pas 3. En admettant, en effet, quatre valeurs e_1, e_2, e_3, e_4 de cette espèce, la fonction

$$\varphi_1(\sqrt{z}) = \sqrt{(f-e_1)(f-e_2)(f-e_3)(f-e_4)}$$

serait, d'après les propositions fondamentales, une fonction méromorphe de $\sqrt{z}$ dans le voisinage de $\sqrt{z}=\infty$, liée à $\varphi(\sqrt{z})=f(z)$ par une équation algébrique de genre 1, ce qui entraînerait que l'ordre de $f(z)$ serait entier.

Par une méthode analogue on arrive au résultat suivant : Si l'ordre de la fonction $f(z)$ n'est pas un multiple de $\frac{2}{3}$ il y aura au plus deux valeurs quasi exceptionnelles de poids $\geqq \frac{2}{3}$.

Ces résultats sont analogues à une proposition déjà connue dans la théorie des fonctions entières d'ordre fini (G. Valiron, *loc. cit.*). On remarquera que les cas extrêmes ne sont réalisés que pour les transcendants élémentaires, c'est-à-dire pour les fonctions simplement ou doublement périodiques.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Les fonctions limites d'une fonction à centre.* Note de M. **R. Tambs Lyche**, présentée par M. Émile Borel.

Soit $f(z)$ une fonction holomorphe autour de l'origine et considérons la substitution $z_1=f(z)$; admettons que l'origine soit un point double à multiplicateur $s=e^{i\alpha}$, α étant une quantité réelle entre 0 et 2π dont le rapport à 2π est incommensurable. Hormis des cas banaux on ne sait que très peu sur la suite des itérées $f_n(z)$ aux environs d'un tel point. D'après M. G. Julia (1) la condition nécessaire et suffisante pour que l'origine soit un centre pour $f(z)$ est que la suite $f_n(z)$ y est normale; d'autre part, M. H. Cremer (2) a montré qu'il existe, en général, un ensemble de valeurs de α ayant la puissance du continu et telles que, pour ces valeurs de α, $f(z)$ n'admet pas l'origine pour centre. Le but de cette Note est d'obtenir effectivement l'expression des fonctions limites de la famille $f_n(z)$ en faisant sur α une hypothèse afin d'exclure d'avance les valeurs appartenant à l'ensemble de M. Cremer. Je suppose, pour plus de simplicité, la fonction $f(z)$ uniforme; supposons alors qu'il existe un cercle $|z|\overline{\overline{<}}\rho$ tel

(1) *Mémoire sur l'itération des fonctions rationnelles* (*J. de Math. pures et appl.*, 8e série, 1, 1918, p. 237).

(2) *Zum Zentrum problem* (*Math. Annal.*, 98, 1927, p. 151).

que $|f_n(z)|$ reste uniformément borné dans ce cercle. En posant alors

$$f_n(z) = s^n z + a_2^{(n)} z^2 + a_3^{(n)} z^3 + \ldots$$

il s'ensuit

$$|a_p^{(n)}| < \frac{M}{\rho^p},$$

pour un $M > 0$ convenable. Posons ensuite pour un x réel quelconque

$$a_p^{(x)} = \sum_{r=1}^{p-1} (-1)^{p-r-1} s^{x-r+\frac{1}{2}(p-r)(p-r-1)} \begin{bmatrix} x \\ r \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x-r-1 \\ p-r-1 \end{bmatrix} a_p^{(r)} \qquad (p = 2, 3, \ldots)$$

en désignant par $\begin{bmatrix} x \\ r \end{bmatrix}$ la quantité (¹)

$$\begin{bmatrix} x \\ r \end{bmatrix} = \frac{(s^x - 1)(s^{x-1} - 1)\ldots(s^{x-r+1} - 1)}{(s-1)(s^2-1)\ldots(s^r - 1)}.$$

Soit alors

$$\frac{\alpha}{2\pi} = \frac{1|}{|a_1} + \frac{1|}{|a_2} + \frac{1|}{|a_3} + \ldots, \tag{1}$$

le développement en fraction continue du rapport $\frac{\alpha}{2\pi}$ et supposons qu'il existe une quantité positive T telle que

$$a_{n+1} < T^{Q_n},$$

Q_n étant le dénominateur de la $n^{\text{ième}}$ réduite de la fraction (1) : on démontre alors l'existence d'une quantité positive A telle que

$$\left|\begin{bmatrix} x \\ r \end{bmatrix}\right| < A^r$$

pour tout entier positif r et son x réel. Or, cela entraîne la convergence uniforme en x de la série

$$\varphi(x, z) = s^x z + a_2^{(x)} z^2 + a_3^{(x)} z^3 + \ldots,$$

dans un certain cercle $|z| < B$, et l'on a d'autre part

$$\varphi(n, z) = f_n(z), \qquad n \text{ entier}.$$

En remarquant que $a_p^{(x)}$ est une fonction périodique de x à période $\frac{2\pi}{\alpha}$ on en déduira sans peine : en admettant les hypothèses faites, il existe un

(¹) *Bull. de la Soc. math. de France*, 55, 1927, p. 102.

domaine D simplement connexe, contenant l'origine, ayant les propriétés suivantes :

1° Dans tout domaine D_1 complètement intérieur à D $|f_n(z)|$ reste uniformément bornée;

2° Par tout point ζ de D passe une courbe analytique, simple et fermée, C_ζ, entourant l'origine sur laquelle les itérées $f_n(\zeta)$ sont distribuées en un ensemble partout dense;

3° Deux courbes C_ζ et $C_{\zeta'}$ n'ont pas de point commun sans être identiques;

4° La suite de fonctions $f_n(z)$ forme dans D une famille normale, dont les fonctions limites sont toutes les fonctions $\varphi(x, z)$, holomorphes dans $\overline{D}$, obtenues pour les valeurs réelles de x telles que $0 \leqq x < \frac{2\pi}{\alpha}$.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Généralisation du théorème de Stokes sur les figures d'équilibre.* Note de M. **Pierre Dive**, présentée par M. Hadamard.

On doit à Stokes et à Henri Poincaré cet important théorème :

Lorsque la surface libre d'une planète est orthogonale au champ de la pesanteur, le potentiel de l'attraction sur un point extérieur ne dépend que de sa masse totale, de sa vitesse de rotation et de sa surface libre (1).

La démonstration suppose que la planète tourne en bloc autour de l'axe des pôles. Or, cette condition ne s'impose pas *a priori* pour les astres fluides; et, en fait, l'observation prouve bien que sur Jupiter et Saturne l'équateur et les calottes polaires sont animés de rotations différentes.

En admettant que dans de tels astres les surfaces à densité constantes soient, *en tout point*, horizontales, M. Rolin Wavre a montré (2), par un procédé très nouveau, que le théorème de Stokes leur était encore applicable; son raisonnement utilise cette propriété, mise en évidence par lui-même dans une Note extérieure (3), que, *dans l'hypothèse actuelle*, les surfaces d'égale vitesse sont cylindriques; et M. Wavre obtient ainsi deux importantes formules qui permettent d'exprimer le potentiel à l'extérieur de la planète et sa masse totale au moyen des éléments superficiels directement observables : le coefficient g_1 de la pesanteur et la vitesse angulaire ω_1.

(1) Cf. F. Tisserand, *Traité de Mécanique céleste*, 2, 1891, p. 324, et Henri Poincaré, *Figures d'équilibre d'une masse fluide*, Paris, 1902, p. 97.

(2) R. Wavre, *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 1113.

(3) R. Wavre, *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 277.

On sait ([1]) que les mouvements de rotation précédents peuvent être considérés comme un cas particulier de mouvements plus généraux que nous avons pu définir en nous libérant, sauf sur la courbe superficielle, de la condition restrictive d'orthogonalité du champ de la pesanteur et des couches de densité constante. Montrons qu'il est possible d'obtenir pour ces mouvements généraux une nouvelle extension du théorème de Stokes.

Soient, sur la surface limite S_1 du fluide, $U_1(l^2)$ le potentiel de l'attraction et $\omega_1(l^2)$ la vitesse angulaire en un point dont la distance à l'axe est l; nous avons établi ([1]) la formule

$$(1) \qquad \omega_1^2(l^2) = -2\frac{dU_1}{dl^2};$$

si la fonction $\omega_1(l^2)$ est connue, cette équation donne U_1 à une constante additive C près

$$(2) \qquad U_1 = \Phi_1(l^2) + C,$$

$\Phi_1(l^2)$ désignant une primitive de $-\frac{\omega_1^2(l^2)}{2}$.

Le potentiel U_E à l'extérieur étant harmonique et nul à l'infini est alors fourni, en fonction du paramètre C, encore inconnu, par la solution du problème extérieur de Dirichlet pour la surface S_1 et la fonction U_1. Ceci acquis, on démontrerait, par les procédés classiques ([2]) que la constante C est déterminée par la masse totale M, au moyen de l'équation de Gauss

$$(3) \qquad \int\int_{S_1} \frac{dU_E}{dn} = -4\pi M.$$

Mais nous préférons la méthode suivante qui conduit à une proposition intéressante et prouve, en outre, que le calcul de C par (3) est effectivement toujours possible.

Désignons par P_1 un point de S_1, par $\Phi(P_1)$ la fonction de point, définie sur S_1, égale à $\Phi_1(l^2)$ et par $G(P, P_1)$ la fonction de Green relative à S_1; en utilisant l'expression (2) de U_1 la solution du problème de Dirichlet est

$$(4) \qquad U_E(P, C) = \frac{1}{4\pi}\left[\int\int_S \Phi(P_1)\frac{d}{dn}G(P, P_1)\,d\sigma + C\int\int_{S_1}\frac{d}{dn}G(P, P_1)\,d\sigma\right],$$

dont le second membre est de la forme $H(P) + CK(P)$. Portons cette

([1]) *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 371.

([2]) *Loc. cit.* [note ([1]) de la page précédente].

expression de U_E dans la formule de Gauss, il vient :

$$(5)\qquad \int\int_{S_1} \frac{d}{dn} H(P)\,d\sigma + C\int\int_{S_1} \frac{d}{dn} K(P)\,d\sigma = -4\pi M;$$

C *est donc une fonction linéaire de la masse totale;* par suite, cette constante est unique et son calcul toujours possible par la relation (5).

Le théorème de Stokes est ainsi complètement généralisé.

On peut aussi, pour nos mouvements, exprimer très simplement la masse totale M et le potentiel U_E en fonction des éléments superficiels S^1, g_1, ω_1.

En effet, sur la couche superficielle,

$$(6)\qquad \frac{dU_E}{dn} = \frac{\omega_1^2}{2} \cdot \frac{dl^2}{dn} - g_1;$$

et la formule de Gauss donne immédiatement

$$(7)\qquad M = \frac{1}{4\pi}\int\int_{S_1}\left(g_1 - \frac{\omega_1^2}{2} \cdot \frac{dl^2}{dn}\right) d\sigma.$$

Soit, d'autre part, r la distance du point fixe P au point variable P_1; en utilisant une formule connue on peut écrire

$$(8)\qquad U_E = \frac{1}{4\pi}\int\int_{S_1}\left[U_1 \frac{d}{dn}\left(\frac{1}{r}\right) - \frac{1}{r}\frac{dU_E}{dn}\right] d\sigma;$$

sur S_1, $\frac{dU_E}{dn}$ est donné par (6) et l'on a d'ailleurs

$$(9)\qquad \int\int_{S_1} U_1 \frac{d}{dn}\left(\frac{1}{r}\right) d\sigma = \int\int_{S_1} \Phi_1(l^2) \frac{d}{dn}\left(\frac{1}{r}\right) d\sigma + C\int\int_{S_1} \frac{d}{dn}\left(\frac{1}{r}\right) d\sigma;$$

mais le point P étant extérieur, l'intégrale de Gauss $\int\int_{S_1} \frac{d}{dn}\left(\frac{1}{r}\right) d\sigma$ est nulle, de sorte que l'expression (9) de U_E est indépendante de C. On a donc finalement

$$(10)\qquad U_E = \frac{1}{4\pi}\int\int_{S_1}\left[\frac{1}{r}\left(\frac{\omega_1^2}{2}\frac{dl^2}{dn} - g_1\right) - \frac{1}{2}\frac{d}{dn}\left(\frac{1}{r}\right)\int \omega_1^2\, dl^2\right] d\sigma.$$

ÉLECTRONIQUE. — *Sur la réflexion des électrons.*

Note (¹) de M. S. **Szczeniewski**, présentée par M. M. de Broglie.

D'après les idées de la nouvelle mécanique ondulatoire, on associe une onde plane à toute particule en mouvement. Les trajectoires des particules

---

(¹) Séance du 25 juin 1928.

coïncident avec les rayons d'une onde homogène se propageant dans un milieu dont l'indice de réfraction dépend des potentiels scalaire et vectoriel du champ électromagnétique ([1]).

L'éparpillement d'un faisceau de particules par la matière est, par conséquent, analogue à la diffusion de la lumière; en particulier, lorsque, le corps diffusant à une structure cristalline, la diffusion doit présenter dans certaines conditions, des phénomènes d'interférence semblables à ceux des rayons X.

En partant des idées de M. L. de Broglie on calcule facilement que la longueur de l'onde associée à un faisceau de rayons cathodiques ayant parcouru une chute de potentiel V (volts) est égale (en unités Angström) à

$$\lambda = \frac{12,22}{\sqrt{V}}. \tag{1}$$

Comme c'est cette longueur d'onde qui intervient dans les phénomènes d'interférence, on doit s'attendre à une « réflexion » des électrons par les surfaces cristallines pour certains angles d'incidence du faisceau électronique; cet angle est lié à λ et aux constantes du réseau cristallin par la formule bien connue de Bragg.

C'est pour des valeurs de V comprises entre une dizaine et quelques centaines de volts que le phénomène devrait être le plus marqué. Il a été, en effet, observé par MM. Davisson et Germer ([2]); ces physiciens ont pu constater, en employant des électrons de vitesses différentes, l'existence d'un certain nombre de faisceaux diffractés par un cristal de nickel. Les angles de diffraction n'étaient pas tout à fait en accord avec les valeurs calculées.

D'autre part M. G. P. Thomson ([3]) a fait récemment une expérience de même nature; il a réussi à enregistrer par voie photographique les spots des faisceaux diffractés en employant une méthode analogue à celle de Debye-Scherrer. Ses résultats, malgré la faible précision des mesures, sont conformes aux précisions de la théorie.

Vu l'importance du phénomène, il nous a semblé utile de reprendre ces expériences à l'aide d'une méthode un peu plus directe afin de donner une base expérimentale plus solide à la théorie en question.

Nos expériences ont porté sur la « réflexion » des rayons cathodiques par une surface de clivage d'un cristal de bismuth pour trois valeurs du poten-

---

([1]) L. de Broglie, *Ondes et mouvements*, Paris, 1926.
([2]) *Nature (London)*, 119, 1927, p. 558, et *Phys. Rev.*, 30, 1927, p. 705.
([3]) *Roy. Soc. Proc. London*, 117, 1928, p. 600.

tiel accélérateur V et pour différents angles d'incidence du faisceau électronique. C'est une méthode analogue à celle du cristal tournant.

Les électrons étaient émis par un ruban de tungstène chauffé électriquement; après avoir parcouru la chute de potentiel V, ils pénétraient dans une enceinte métallique dans laquelle se trouvait le cristal monté sur un support en contact avec l'enceinte et permettant les mouvements de rotation autour d'un axe passant par le plan du cristal.

Un cylindre de Faraday monté convenablement et pouvant être tourné autour du même axe permettait de recevoir la charge transportée par les électrons diffusés dans les directions déterminées.

Le cylindre était entouré d'une enveloppe métallique munie d'une fente et reliée électriquement à l'enceinte de manière à éliminer le champ électrique à l'intérieur de cette dernière. La charge reçue était mesurée à l'aide d'un électromètre à quadrants de précision. Le tout, c'est-à-dire la source d'électrons, le cristal et le cylindre de Faraday, se trouvait dans un vide très poussé. La commande du cristal et du cylindre de Faraday était assurée de l'extérieur à l'aide de rodages coniques graissés.

Le vide était fait à l'aide de pompes à condensation de mercure dont les vapeurs étaient arrêtées par des pièges à neige carbonique. On plaçait le cylindre de Faraday de manière qu'il soit atteint par les électrons réfléchis régulièrement (angle d'incidence = angle de réflexion).

En faisant les lectures des charges transportées pour différents angles d'incidence pour les potentiels accélérateurs 62, 139 et 240 volts, on a pu tracer trois courbes sur lesquelles on remarque très nettement les maxima correspondant aux différents ordres de réflexion et leur déplacement vers les grands angles lorsque le potentiel accélérateur diminue. L'étalement des maxima est dû à différents facteurs, par exemple la largeur et l'ouverture finie du faisceau incident, l'agitation thermique des électrons, etc.

Le même cristal a été étudié aux rayons X et la distance réticulaire correspondante a été trouvée égale à 3,605 U. Å. La position des maxima des courbes permet de mesurer les longueurs d'onde λ_m pour différents potentiels V et de les comparer avec les valeurs des longueurs d'onde λ_c calculées à partir de la formule (1). La précision de nos mesures qui ne sont que préliminaires étant limitée on voit d'après le tableau suivant que la concordance est très satisfaisante :

V.	λ_m.	λ_c.
62	1,49	1,55
139	1,03	1,04
240	0,77	0,79

Les expériences que nous avons décrites constituent, nous semble-t-il, une confirmation assez probante des prévisions théoriques. Des mesures plus précises sont poursuivies.

OPTIQUE. — *Sur des faits nouveaux relatifs à la diffusion de la lumière dans les cristaux*. Note de MM. G. **Landsberg** et L. **Mandelstam**, présentée par M. A. Cotton.

Dans une Note, envoyée au mois de mai à *Naturwissenschaften*, nous avions décrit un effet nouveau, que nous avons observé en étudiant le spectre de la lumière, diffusée par certains cristaux transparents. Chacune des raies d'une lampe à mercure, que nous appellerons *raies principales*, est accompagnée dans la lumière diffusée par des satellites déplacés vers le rouge dont la fréquence diffère d'une valeur constante $\Delta\nu_i$ de celle de la raie principale correspondante. Ces résultats étaient déjà obtenus par nous quand MM. Raman et Krishnan publièrent au mois de mars 1928, dans *Nature*, leurs observations sur le changement de longueur d'onde dans le spectre de la lumière, diffusée par certains liquides et gaz. Il semble surtout, si l'on tient compte des résultats publiés récemment par M. Cabannes (1), qu'il s'agit dans les deux cas de phénomènes analogues.

En continuant nos études sur la lumière diffusée par le quartz et le spath d'Islande, nous avons trouvé quelques résultats nouveaux que nous nous permettons de décrire brièvement.

La durée de pose étant suffisamment longue (environ 100 heures) on voit apparaître à côté des satellites, déplacés vers le rouge, des satellites déplacés vers le violet, situés symétriquement aux premiers par rapport à la raie principale. Ces satellites violets, étant beaucoup plus faibles que les satellites rouges n'ont pu être observés par nous que pour les principales les plus intenses.

Nous avons constaté jusqu'à présent dans la région spectrale entre $\lambda = 2482$ Å et $\lambda = 4358$ Å 72 satellites pour le quartz et 18 pour le spath d'Islande. Ils peuvent tous être rangés en séries de telle manière que pour tous les satellites de la même série la valeur $\Delta\nu_i$ de la différence de la fréquence du satellite par rapport à la raie principale correspondante reste constante. Cette valeur varie d'une série à l'autre. Nous avons trouvé jusqu'à

(1) Cabannes et Daure, *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 533.

présent cinq séries pareilles pour le quartz et deux pour le spath d'Islande.

Voici, à titre d'exemple, la plus prononcée des séries du quartz : les autres séries donnent des résultats analogues.

Satellites rouges.		Raies principales.	Satellites violets.	
$\Delta\nu.10^{-13}$.	$\Delta\lambda$ en Å.	λ en Å.	$\Delta\lambda$ en Å.	$\Delta\nu.10^{-13}$.
1,37	+88,5	4358,3	»	»
1,41	+78,5	4046,8	−73,5	1,37
1,38	+62,9	3663,3	−61,0	1,39
1,41	+63,5	3650,2	−59,2	1,35
1,42	+54,1	3641,5	»	»
1,38	+45,8	3131,8	−45,3	1,41
1,40	+46,3	3125,6	−45,6	1,42
1,38	+42,4	3023,5	»	»
1,42	+42,2	2967,3	−41,3	1,43
1,41	+40,0	2893,6	»	»
1,40	+37,0	2803,5	»	»
1,39	+35,5	2752,8	»	»
1,41	+33,4	2653,7	−32,2	1,39
1,38	+29,7	2536,7	»	»
1,38	+29,9	2534,8	»	»
1,38	+28,5	2482,0	»	»
Moy. : 1,395				Moy. : 1,396

Nos résultats pour le spath d'Islande sont jusqu'à présent beaucoup moins complets que pour le quartz.

Il est très probable que la valeur $\Delta\nu_i$ constante pour chaque série (i, nombre de la série) est égale à la fréquence ν_i d'une vibration propre du cristal. Les différentes séries correspondent à autant de vibrations propres.

Ce point de vue étant admis, on trouve pour la valeur de la longueur d'onde de la vibration qui donne naissance à la série du tableau, $\lambda_1 = 21^{\mu},5$, ce qui diffère peu de la valeur $\lambda_1 = 20^{\mu},7$ trouvée par Rubens et Nichols [1] par la méthode des rayons restants. Il est à remarquer que le maximum de réflexion ne correspond pas tout à fait, comme l'a montré M. Foersterling [2], à la vibration propre. Pour les quatre autres séries de quartz on trouve

$$\lambda_2 = 8^{\mu},9; \quad \lambda_3 = 13^{\mu},5; \quad \lambda_4 = 48^{\mu},5; \quad \lambda_5 = 82^{\mu}.$$

Les valeurs λ_2 et λ_3 s'accordent elles aussi assez bien avec les valeurs

(1) Rubens et Nichols, *Ann. der Phys.*, 60, 1897, p. 416.

(2) Foersterling, *Ann. der Phys.*, 61, 1920, p. 577.

obtenues par la méthode de Rubens. λ_4 et λ_5 n'ont pas été observées par cette méthode, mais se trouvent dans une région lointaine peu étudiée.

Pour les deux séries trouvées pour le spath, on obtient

$$\lambda_1 = 9^{\mu},1 \quad \text{et} \quad \lambda_2 = 34^{\mu},4.$$

La valeur $\lambda_2 = 34^{\mu},4$ est voisine de la valeur connue pour le spath qui est $\lambda = 30^{\mu}$. Dans la région de $\lambda_2 = 9^{\mu},1$ se trouvent plusieurs maxima de réflexion; l'un d'eux pourrait être rapproché de la valeur observée par nous.

OPTIQUE. — *Production de réseaux par photographie*. Note de M. G. **Simon**, présentée par M. A. Cotton.

1. La photographie a été souvent utilisée pour faire des copies de réseaux gravés sur verre. Lord Rayleigh employait des plaques à l'albumine ([1]), Izarn ([2]) utilisait la gélatine bichromatée.

Les plaques de Daguerre permettent d'obtenir directement des réseaux par réflexion : on argente une plaque de verre bien plane, on la sensibilise simplement par exposition à la vapeur d'iode et l'on applique le réseau à photographier sur la plaque : on obtient ainsi, avec des durées de pose et de développement convenables une copie donnant des spectres brillants.

2. *Doublement d'un réseau*. — L'auteur s'est proposé de juxtaposer sur la même plaque photographique deux ou plusieurs copies d'un même réseau gravé sur verre de façon à constituer un réseau unique; le raccordement doit être fait avec une grande précision. Dans le cas étudié (réseau de Brunner au $\frac{1}{200}$ de millimètre) les méthodes interférentielles suffisent pour mesurer le déplacement.

La plaque est portée par le chariot d'un interféromètre du type Perot et Fabry et peut être déplacée par rapport au réseau objet d'une quantité très exactement connue : celle-ci est représentée par un deuxième interféromètre dont on a réglé à l'avance la distance des miroirs; au moyen des franges de superposition on peut faire avancer le chariot qui porte la plaque de longueurs exactement multiples de la longueur choisie.

Le réseau objet est porté par un support qui permet de l'écarter légère-

([1]) *Proc. of the Roy. Soc.*, 20, 1872, p. 414.

([2]) *Comptes rendus*, 116, 1893, p. 506.

ment de la plaque pendant le déplacement de celle-ci tout en le replaçant rigoureusement dans la position initiale à chaque nouvelle épreuve.

Le déplacement à donner à la plaque est un multiple de l'intervalle du réseau : celui-ci est déterminé en mesurant la déviation pour le vert du mercure.

On juge de l'exactitude du raccordement des épreuves en superposant, dans la zone à étudier, l'original à la copie : en plaçant l'œil dans les faisceaux diffractés, on observe des franges dont la disposition fournit les indications nécessaires.

3. *Réseaux de franges.* — L'auteur a essayé d'appliquer la méthode précédente pour obtenir des réseaux par photographie directe de franges rectilignes et équidistantes (1); celles-ci sont fournies par réflexion d'un faisceau parallèle sur un miroir plan (franges de Loyd), la radiation utilisée est l'indigo du mercure ($\lambda = 0^{\mu},436$) pour laquelle on sensibilise au maximum la plaque photographique.

Le nombre des franges obtenues est assez limité, il faut pouvoir juxta poser un grand nombre d'épreuves sur la même plaque.

Celle-ci est encore portée par le chariot de l'interféromètre et la position repérée au moyen des franges de superposition comme dans le cas précédent.

L'intervalle du réseau et par conséquent la longueur du déplacement sont déterminés par l'angle d'incidence du faisceau sur le miroir. On répète un grand nombre de fois la pose en déplaçant la plaque d'un multiple convenable de l'intervalle. On étudie le raccordement puis le pouvoir séparateur. Malgré les sérieuses difficultés rencontrées le résultat obtenu est encourageant.

ÉLECTROCHIMIE. — *Préparation électrolytique directe du permanganate de potasse.* Note (2) de M. **Gaston Rapin**, transmise par M. Paul Sabatier.

Dans la présente Note, je me propose d'exposer, dans leurs grandes lignes, les premiers résultats des recherches que je poursuis, en vue de définir d'une manière précise (et le cas échéant, industriellement pratique) la préparation électrolytique directe du MnO^4K, à partir de silico-manganèse commercial.

(1) Cf. Cotton, *Bull. des séances de la Soc. de Ph.*, fasc. 4, 1901, p. 37 et 70.
(2) Séance du 2 juillet 1928.

Les préparations électrolytiques directes du MnO^4K sont peu connues et pourtant susceptibles d'applications industrielles. *Elles consistent à électrolyser une anode d'un mangano-alliage en bain aqueux de* KOH *ou d'un sel de* K.

Les auteurs qui s'en sont occupés reconnaissent qu'on peut ainsi obtenir des quantités considérables de MnO^4K. Ils sont aussi d'accord, pour constater le fait suivant, à savoir : que *l'anode de ferro-manganèse ne tarde pas à se recouvrir d'une couche adhérente d'oxydes de* Mn *non conducteurs*, et qu'ainsi les résultats de l'électrolyse sont fortement compromis.

Le procédé au silico-manganèse, que je préconise, est un perfectionnement de ces méthodes directes.

Celles-ci présentent les avantages suivants : elles donnent, en une seule fois, un MnO^4K parfaitement caractérisé, relativement pur; elles économisent la main-d'œuvre et évitent l'attaque des récipients; par contre, ils présentent les inconvénients suivants : grosse consommation d'énergie; rendement médiocre eu courant; gaine non conductrice à l'anode pour le cas du ferro-manganèse.

J'ai reconnu que l'emploi d'une *anode de silico-manganèse évite la formation de la couche isolante; cette anode se désagrège très régulièrement au cours de l'électrolyse*. Le silico-manganèse peut donc réussir là où le ferro-manganèse a échoué.

Voici, à ce jour, la situation des recherches méthodiques que j'ai entreprises :

Influence de l'état physique de l'anode, sur la formation du MnO^4K. — Cette étude a été faite à l'aide de ferro-manganèse. Elle peut s'étendre à tous les mangano-alliages et particulièrement au silico-manganèse.

Une anode de ferro-manganèse pulvérisé et tassé, *électrolysée en bain aqueux de* KOH *ou de* CO^3K^2, *ne permet pas d'obtenir le* MnO^4K, *quelles que soient les conditions de température, de concentration, de densité du courant.* Il se fait toujours du MnO^2; quelquefois (en bain KOH) il peut se faire du MnO^4K^2 mais si irrégulièrement, qu'il n'est pas possible de préciser les caractéristiques d'une telle formation. Ces phénomènes n'ont pas été signalés par les auteurs; ils sont dus à *une mauvaise conductibilité des poudres anodiques et peut-être aussi à leur action catalytique sur les produits, relativement instables, de l'électrolyse.*

Il est donc indispensable d'effectuer ce genre de recherches avec un bloc anodique compact.

Électrolyse en bain KOH d'un [SiMn] coulé. — *Une telle électrolyse produit simultanément du* MnO^4K *et du* MnO^4K^2. La formation du MnO^4K^2 paraît être limitée à une certaine concentration de ce produit dans l'élec-

trolyte. Le MnO^4K cristallise au fond de l'électrolyseur où l'on recueille aussi du [SiMn] *pulvérulent non attaqué et des oxydes complexes de* Mn *et de* Fe. *Le* Si passe à l'état de SiO^3K^2 et *reste en solution dans l'électrolyte.*

ÉLECTROLYSE EN BAIN CO^2K^2 D'UN [SiMn] COULÉ. — Il ne se produit, dans ce cas, que du MnO^4K (avec cependant, au début, quelques traces de MnO^4K^2). Les boues sont formées : de MnO^4K cristallisé, d'oxydes de Mn, de [SiMn] non attaqué et d'*une grande quantité de* SiO^2, *celle-ci provenant de*

$$SiO^3K^2 + CO^2 \rightarrow CO^3K^2 + SiO^2 \downarrow.$$

INFLUENCE DE LA TEMPÉRATURE. — L'influence d'une *augmentation de température* se traduit par *un plus fort pourcentage de* MnO^4K, par *une plus grande vitesse d'attaque de l'anode*, par *une économie d'énergie*, par *une amélioration relative des rendements en courant.*

INFLUENCE DE LA CONCENTRATION DE L'ÉLECTROLYTE — *Une concentration trop exagérée en* KOH (50° B. par exemple) *est nettement nuisible* au bon fonctionnement de l'électrolyse. Il ne se fait que du MnO^4K^2. La *vitesse* d'attaque de l'anode est *diminuée;* la *tension* aux bornes est *augmentée*, sans doute parce qu'*on a dépassé la concentration limite pour laquelle la conductibilité est maximum.*

A *concentrations moléculaires égales*, l'électrolyse d'*une solution de* KOH est de beaucoup *plus avantageuse* que l'électrolyse d'une *solution de* CO^3K^2.

QUELQUES RÉSULTATS NUMÉRIQUES. — *Électrolyte* KOH (30° B.); I = 3 amp. :

R^t en MnO^4K par rapport au [Si-Mn]	à froid 15° C.	→	85 pour 100
	à chaud 60° C.	→	126 »
Vitesse d'attaque de l'anode [Si-Mn]	à froid 15° C.	→	0g,288 par heure
	à chaud 60° C.	→	0g,420 »

Électrolyte KOH (6N-23° B.) — (30-40° C.); I = 3 amp. :

R^t en MnO^4K par rapport au [Si-Mn]	→	158 pour 100
Vitesse d'attaque de l'anode	→	0g,457 par heure

Électrolyte CO^3K^2 (6N-34° B.) — (30-40° C.); I = 3 amp. :

R^t en MnO^4K par rapport au [Si-Mn]	→	21,5 pour 100
Vitesse de l'attaque de l'anode	→	0g,267 par heure

Tous mes essais ont été effectués avec un silico-manganèse titrant

66 pour 100 Mn, 23 pour 100 Si.

Mes recherches se poursuivent.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur la vaporisation, dans le vide, du polonium.* Note (¹) de M. **P. Bonèt-Maury**, présentée par M. Jean Perrin.

Après avoir établi que la vaporisation du polonium s'effectue, dans l'espace, suivant la loi du cosinus, nous avons déterminé sa vitesse d'évaporation, c'est-à-dire mesuré à température constante la quantité vaporisée en fonction du temps.

Principe de la méthode. — La durée d'une expérience est partagée en huit intervalles de temps t_1, t_2, ..., t_8 dont la grandeur est fixée par des essais préliminaires. En condensant le polonium vaporisé sur huit parois froides identiques, successivement amenées en face de la source et respectivement fixées dans cette position pendant t_1, t_2, ..., t_8 secondes, on peut mesurer la quantité de polonium volatilisé durant chacun des huit intervalles. Avec les huit nombres ainsi obtenus on calcule huit points de la courbe liant au temps t la quantité totale du polonium évaporé et l'expérience montre que les huit points ainsi déterminés permettent de tracer cette courbe avec une précision très satisfaisante.

Appareil. — Nous avons utilisé l'appareil précédemment décrit (²) en modifiant la forme et la position de la paroi froide et de la source.

La paroi froide est constituée par un disque de cuivre A mince (diamètre 35^{mm}, épaisseur $0^{mm},05$) masqué par un diaphragme, percé de huit ouvertures identiques. Ce diaphragme coupé suivant xy se compose :

a. D'un disque de laiton B bien dressé (épaisseur 1^{mm}, diamètre 35^{mm}) percé de huit trous (8^{mm} de diamètre) dont les centres situés sur un cercle de 12^{mm} de diamètre sont équidistants;

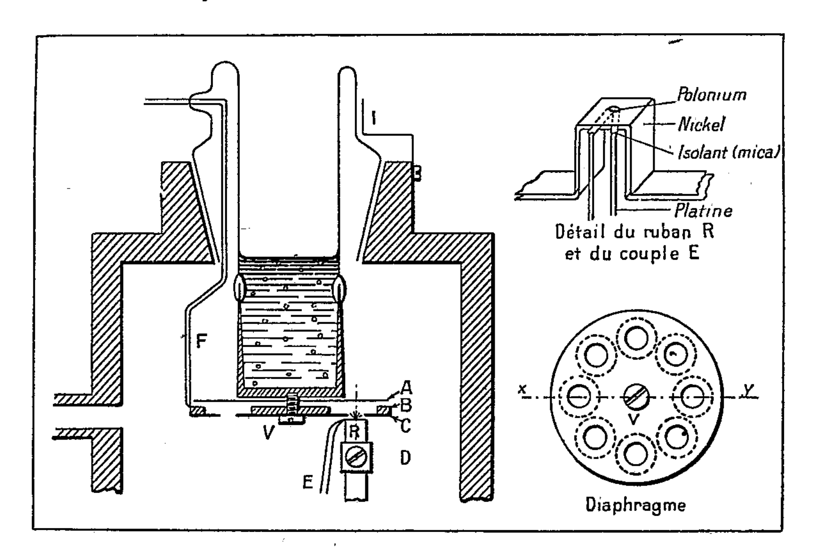
b. D'un disque de cuivre mince C (épaisseur $0^{mm},5$) soudé sur le disque de laiton au moyen d'alliage de Wood et qui porte 8 trous (4^{mm} de diamètre) exactement centrés sur les précédents.

Le disque de cuivre et le diaphragme sont appliqués, au moyen d'une vis V qui traverse leur centre, sur le fond bien dressé du vase Dewar, en cuivre. La température de la paroi froide, ainsi constituée est mesurée à un degré près par un couple en cuivre constant en F soudé sur le diaphragme. Si les surfaces sont bien dressées le contact *a* obtenu est excellent, et l'on constate que, deux minutes après avoir rempli d'air liquide le vase de cuivre,

(¹) Séance du 25 juin 1928.

(²) P. Bonèt-Maury, *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1376.

la paroi atteint une température stationnaire égale, à un degré près, à celle indiquée par un deuxième couple semblable plongé dans l'air liquide. La position du rodage supérieur, et par suite celle des trous du diaphragme est repérée au moyen d'un index fixe I, devant lequel se déplace une bande de papier au millimètre collé sur le verre. La rotation du rodage permet de substituer exactement à l'une des surfaces, placée en face de la source, successivement les sept autres.



La *source* de polonium sensiblement ponctuelle (diamètre $0^{mm},4$) est portée par un ruban de nickel (largeur 4^{mm}, épaisseur $0^{mm},1$, longueur 32^{mm}) chauffé électriquement. Ce ruban est doublé par un deuxième ruban identique mais inactif, et tous deux sont pliés ensemble dans une matrice pour leur donner la forme indiquée sur la figure. On allonge ainsi le ruban (ce qui uniformise la température centrale) tout en diminuant la surface chaude proche du disque froid. Les pinces D, amenant le courant, fixent la source dans une position excentrée par rapport à l'axe de l'appareil en face de l'un des trous du diaphragme.

La *température centrale* du ruban est mesurée au moyen d'un millivoltmètre et d'un couple en platine-platine iridié E, dont la soudure aplatie par laminage est très étroite (largeur 0^{mm}, épaisseur 5^{mm}). Vis-à-vis des rubans, elle possède une capacité calorifique négligeable. Glissée entre les rubans, la soudure, qui se trouve comprise entre deux parois à température égale (symétrie des causes), est amenée exactement sous la source contre laquelle elle se trouve appliquée grâce à une légère saillie du ruban infé-

rieur. On obtient de la sorte un très bon contact et la soudure, instantanément en équilibre thermique avec la source, suit fidèlement ses variations de température avec une inertie tout à fait négligeable devant celle de l'équipage mobile du galvanomètre.

Marche d'une expérience. — Le vide étant réalisé dans l'appareil, on emplit d'air liquide le vase Dewar et, lorsque la paroi froide a atteint son état stationnaire, on porte le ruban de nickel à la température choisie. Au bout de l'intervalle de temps t_1, on remplace la première paroi par la seconde qui demeure, à son tour, en face de la source durant le temps t_2, et ainsi de suite jusqu'à utilisation des 8 parois. L'expérience terminée, on détache le disque de cuivre mince qui porte le polonium condensé et l'on mesure l'activité de chacune des 8 plages. Elles n'ont évidemment recueilli, du polonium évaporé, que la fraction comprise dans l'angle solide défini par les trous du diaphragme, mais cette fraction est identique pour les 8 plages, et se calcule aisément, en utilisant la loi du cosinus, si l'on connaît la distance de la source à la paroi froide. Dans nos expériences, cette distance était comprise entre $1^{mm},5$ et 2^{mm}, et le disque froid condensait 80 à 88 pour 100 du polonium volatilisé.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les phénomènes de teinture des granules colloïdaux.* Note de MM. **A. Boutaric** et **F. Banès**, transmise par M. Charles Moureu.

I. Nous avons montré (¹) que l'éosine ne se fixait pas sur les granules des colloïdes les plus divers (résine mastic, sulfure d'arsenic, or, hydrate ferrique, caséine, albumine) pris à l'état de sol; après ultrafiltration, on retrouve toute l'éosine dans le liquide intermicellaire. Au contraire, l'éosine se fixe lorsqu'on provoque, par un procédé quelconque, la floculation du sol, et cette fixation suit les lois ordinaires de l'adsorption.

Depuis la publication de cette Note, nous avons constaté le même phénomène sur un certain nombre de matières colorantes (acide picrique, violet V rouge, orangé G), qui existent toutes en solution à l'état moléculaire et passent à travers les filtres de collodion. Ces diverses substances appartiennent à la catégorie des colorants ordinaires qui ne teignent pas les cellules vivantes, mais seulement les cellules déjà fixées.

(¹) A. Boutaric et F. Banès, *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 1003.

II. On utilise en micrographie des colorants, dits vitaux, qui teignent les cellules vivantes. Il était intéressant de rechercher si ces colorants ne se fixeraient pas également sur les granules à l'état de sol. Malheureusement, ces colorants, de nature colloïdale, sont arrêtés par les filtres de collodion, en sorte que la méthode que nous avons suivie pour étudier l'adsorption des colorants ordinaires sur les colloïdes à l'état de sol n'est plus applicable.

Mais nous avons pu mettre à profit, pour l'étude de l'adsorption des matières colorantes de nature colloïdale, deux constatations faites au cours de nos recherches sur les matières colorantes moléculaires :

1° Lorsqu'on fait congeler certains sols (sulfure d'arsenic, hydrate ferrique, or) les micelles se séparent en formant de petits cristaux sans fixer la matière colorante mélangée au sol;

2° Lorsqu'il y a eu fixation de la matière colorante sur le granule par floculation au moyen d'un électrolyte, une congélation ultérieure ne modifie en rien cette fixation.

La congélation permet donc de saisir les granules en l'état où ils se trouvent dans le sol, si une substance n'est pas fixée par les granules du colloïde à l'état de sol : elle ne l'est pas davantage par les petits cristaux qui se séparent lors de la congélation; si, au contraire, elle a été fixée, elle le demeure après congélation.

En faisant congeler des sols de sulfure d'arsenic, d'hydrate ferrique, d'or, additionnés de divers colorants vitaux (rouge neutre, brun Bismark, rouge Congo), nous avons constaté que les granules ainsi séparés fixent une partie de la matière colorante. Il s'agit bien d'une véritable adsorption, régie par la loi de Freundlich. Cependant, la courbe d'adsorption ainsi obtenue, qui représente l'adsorption par les granules du colloïde à l'état de sol, est toujours nettement au-dessous de celle qui représente l'adsorption par les granules floculés (celle-ci restant la même quelles que soient la nature et la quantité de l'électrolyte utilisé pour provoquer la floculation).

Nous donnons à titre d'indication, dans le tableau ci-après, quelques nombres relatifs à l'adsorption du rouge neutre par les granules de sulfure d'arsenic; la première colonne représente la concentration C de la matière colorante introduite dans le sol; la seconde, la concentration s_1 de la matière colorante dans les granules du colloïde pris à l'état de sol; la troisième, la concentration s_2 de la matière colorante dans les granules floculés par un électrolyte :

C.	s_1.	s_2.
$0,175.10^{-3}$ g/cm³	$0,111.10^{-3}$ g/cm³	$0,123.10^{-3}$ g/cm³
$0,210.10^{-3}$	$0,133.10^{-3}$	$0,151.10^{-3}$
$0,245.10^{-3}$	$0,153.10^{-3}$	$0,171.10^{-3}$
$0,280.10^{-3}$	$0,168.10^{-3}$	$0,197.10^{-3}$
$0,315.10^{-3}$	$0,191.10^{-3}$	$0,220.10^{-3}$
$0,350.10^{-3}$	$0,214.10^{-3}$	$0,246.10^{-3}$
$0,385.10^{-3}$	$0,235.10^{-3}$	$0,272.10^{-3}$
$0,420.10^{-3}$	$0,251.10^{-3}$	$0,302.10^{-3}$

En résumé, les résultats des expériences rapportées dans cette Note aussi bien que dans la Note précédente établissent :

1° Que, contrairement à ce que pourraient faire supposer des considérations déduites de la surface des corps adsorbants, l'adsorption des matières colorantes les plus diverses que nous avons étudiées est toujours plus faible sur les granules des colloïdes à l'état de sol que sur les granules à l'état floculé; cette adsorption est nulle pour les matières colorantes existant en solution à l'état moléculaire;

2° Que les granules d'un colloïde à l'état de sol se comportent comme les cellules vivantes en ce qui concerne l'adsorption qu'ils exercent sur les matières colorantes; ils ne fixent pas les colorants ordinaires et se teignent sous l'action des colorants vitaux;

3° Que les floculats colloïdaux se comportent comme les cellules mortes et fixent tous les colorants, vitaux ou non; l'adsorption dans le cas des colorants vitaux étant plus forte que celle excercée par les granules à l'état de sol.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence des électrolytes sur la vitesse de cataphorèse et relations entre le potentiel électrocinétique et le potentiel électromoteur de l'or.* Note (¹) de M. **Nathaniel Thon**, présentée par M. Perrin.

Le potentiel électromoteur φ d'un métal au contact d'un liquide est donné par la mesure de la force électromotrice. Le potentiel électrocinétique ζ intervient dans l'expression de la vitesse des déplacements relatifs suivant les formules de Perrin (électrosmose) et de Debye (cataphorèse). Pour le même système de contact φ et ζ représentent deux grandeurs différentes.

(¹) Séance du 2 juillet 1928.

A l'aide de mesures à l'ultramicroscope de la vitesse de cataphorèse de particules d'or en suspension aqueuse, j'ai établi d'abord l'influence de divers électrolytes sur ζ. En portant en abscisses les logarithmes des concentrations (en molécules-gramme par litre) et en ordonnées les variations relatives de la vitesse (en pour 100), on distingue *deux types* de courbes : certains électrolytes provoquent d'abord une augmentation du potentiel *négatif* ζ et n'arrivent à le diminuer qu'à partir d'une concentration plus élevée. D'autres réduisent ζ dès le début. Le premier type n'est obtenu qu'avec les sels à cations monovalents. L'élévation de la charge négative de l'or est fonction des anions; son *taux* varie *suivant la nature de l'anion :* le maximum, très prononcé pour les halogénures, disparaît dans le cas du NO'_3,

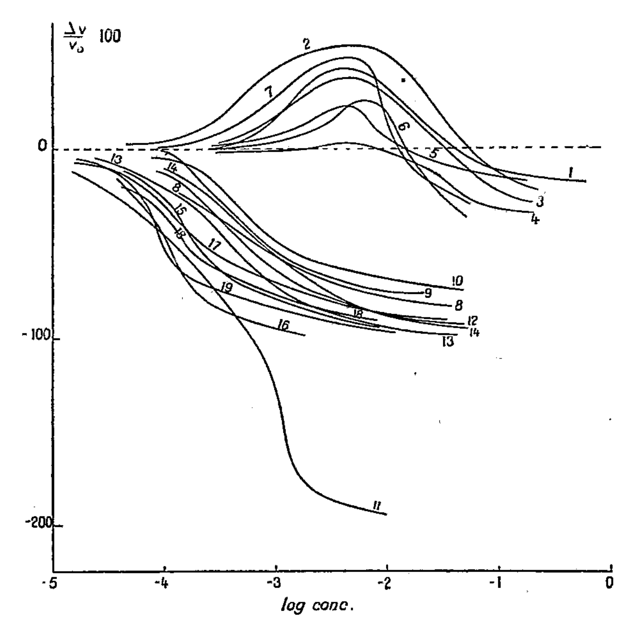


Fig. 1. — Vitesse de cataphorèse.

1, KCl; 2, KBr; 3, KI; 4, KNO^3; 5, K^2SO^4; 6, $K^4Fe(CN)^6$; 7, NaOH; 8, $Ba(OH)^2$; 9, HCl; 10, $CaCl^2$; 11, Violet crist.; 12, HNO^3; 13, $AgNO^3$; 14, $Ca(NO^3)^2$; 15, $Pb(NO^3)^2$; 16, $La(NO^3)^3$; 17, $ZnSO^4$; 18, $NiSO^4$; 19, $CuSO^4$.

L'abaissement de φ est dû aux cations; les mesures révèlent, en outre de l'influence déjà connue de la *valence*, un fait nouveau : *l'effet inhibiteur croît avec la diminution de la tension de dissolution du cation*, exemples : $ZnSO^4$, $NiSO^4$, $CuSO^4$; $Ca(NO^3)^2$, $Pb(NO^3)^2$. Il peut arriver que l'influence de la tension de dissolution l'emporte sur celle de la valence (Ag,

Ca). Un cation plus puissant supprime l'effet lié à l'anion et conduit à la disparition du maximum : d'où le deuxième type.

Il convient de signaler l'action tout exceptionnelle du cation *colorant* du violet criistallisé.

On arrive à une interprétation en partant de la théorie de Gouy sur la répartition des potentiels dans la région de contact et en admettant avec Perrin que dans le déplacement il reste une couche liquide adhérente à la paroi solide. ζ est donc donné par la différence de potentiels entre cette section de glissement (*d*, *fig.* 2) et l'intérieur du liquide, tandis que la

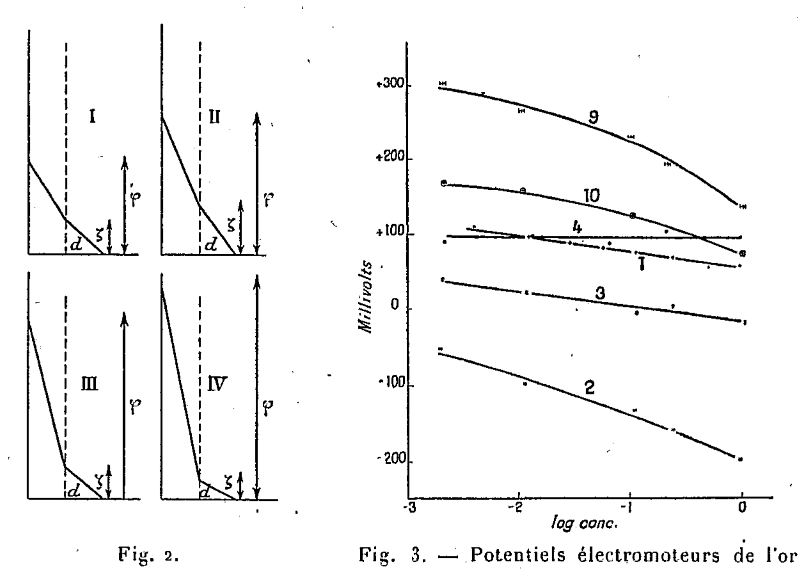


Fig. 2.

Fig. 3. — Potentiels électromoteurs de l'or par rapport à l'électrode à calomel KCl *n*/10.

chute totale de la paroi au sein de la solution représente φ. On est conduit à attribuer l'action des anions à leur condensation *à la surface* même, ce qui doit amener une augmentation du φ négatif et *par là même* celle de φ, par opposition aux cations, dont l'action porterait sur la couche extérieure. La figure 2 illustrerait les répartitions des potentiels à quatre stades consécutifs de concentrations croissantes.

Quelques mesures de φ [1] fourniraient une première confirmation à ce

[1] Les mesures de φ sont communiquées sous réserve, ayant été effectuées à l'air et n'étant pas bien reproductibles. Toutefois, l'*allure* des courbes, en particulier la *différence* entre les halogénures et le nitrate, s'est reproduite *chaque fois* et dans le cas de plusieurs métaux. Je crois donc pouvoir conclure à la justesse en principe du point de vue avancé. Ces mesures seront reprises plus exactes et plus complètes.

point de vue : les halogénures modifient φ dans le sens prévu, le nitrate ne l'affecte pas.

Pour les cations, on peut estimer que plus leur tension de dissolution est élevée, plus ils seraient en équilibre à une distance moyenne plus grande de la paroi où leur effet deviendrait plus faible.

Ces recherches mettent en évidence l'action séparée et antagoniste sur le potentiel électrocinétique des cations et des anions, relient l'action des premiers à leur tension de dissolution et rendent plausible l'hypothèse que l'effet des seconds provient d'une modification du potentiel électromoteur de la paroi *métallique*.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Contribution à l'étude de la réactivité des combustibles. Méthode de mesure de la vitesse de propagation de la combustion.* Note (1) de M. **Ch. Quillard**, présentée par M. Breton.

La réactivité des combustibles est une notion d'une définition incertaine, par conséquent d'une mesure difficile. Il nous est apparu que la vitesse de propagation de la combustion active sous forme ignée, dans une colonne de combustible, pouvait constituer une caractéristique de ce combustible, d'une mesure facile et en relation directe avec sa manière de se comporter dans un gazogène.

Le combustible, assez exactement calibré, est introduit dans un tube de quartz de 20^{mm} de diamètre intérieur, placé verticalement au-dessus d'une toile métallique et formant une colonne d'environ 30^{cm}.

La combustion est produite par un courant d'air ou d'oxygène de débit constant, circulant de bas en haut. Le débit est mesuré à l'aide d'un déprimomètre. Le gaz est desséché et décarbonaté.

Pour provoquer l'allumage du combustible, lorsqu'on opère avec l'air, on fait passer au début de l'expérience un courant d'oxygène de haut en bas et l'on chauffe avec un bec Bunsen.

Quand l'ignition se produit on fait passer le courant gazeux comme il est dit ci-dessus. La combustion se propage dans le tube de haut en bas. On observe très aisément la marche de cette combustion, car la zone ignée, qui a une hauteur plus ou moins grande selon les combustibles, présente toujours une surface de séparation très nette. Le déplacement de la zone ignée est

(1) Séance du 2 juillet 1928.

toujours très lent et l'on peut le mesurer très exactement à l'aide d'une règle graduée placée à côté du tube.

En portant en abscisses les déplacements en centimètres et en ordonnées les temps en minutes, on a toujours obtenu des droites régulières. On trouvera dans un autre Recueil les chiffres établissant l'approximation obtenue.

Bien entendu la vitesse du courant gazeux a une grande importance. Pour un même charbon de bois on a obtenu des vitesses de propagation de la combustion allant de $0^{cm},88$ par minute, pour une dépression de 5^{mm}, à $3^{cm},2$ par minute pour une dépression de 40^{mm}.

L'expérience a montré que la vitesse la plus convenable pour l'air est celle qui correspond pour notre appareil à une dépression de 25^{mm} et elle a été adoptée dans tous les essais. Le débit obtenu est de 4^{l} à la minute.

On a observé dans ces conditions des vitesses de propagation de la combustion très différentes avec les divers combustibles :

	Centimètres par minute.
Copeaux de bois	0,60
Anthracite	0,75
Charbon de sucre	1,60
Semi-coke	1,15
Carbonite	1,70
Charbon de bois	2,2 à 3,2

Ce sont surtout les charbons de bois qui ont fait l'objet de notre étude et qui permettent des mesures précises. On a examiné une série de charbons industriels d'origine différente. Le tableau suivant indique, avec la composition de ces charbons et leur température d'inflammation dans l'oxygène, les vitesses de propagation de la combustion dans l'air, mesurée sur la substance séchée à 110° :

Numéros.	Humidité (pour 100).	Cendres (pour 100).	Matières volatiles (pour 100).	Température d'inflammation.	Vitesse de propagation.
1	4,7	3,5	11,86	180°	3,02
2	5,75	2,8	18,75	135	3,00
3	3,85	2,2	19,28	120	2,40
4	4,1	3,1	19,03	148	2,0
5 (bouleau)	4,63	0,62	20,37	145	2,25
6 (chêne)	2,64	1,4	27,86	155	2,40

Il n'apparaît pas, d'après les chiffres ci-dessus, de relation entre la température d'inflammation et la vitesse de propagation de la combustion. Nous pensons établir cette relation en multipliant les expériences sur des charbons dont les conditions de fabrication nous seront connues et aussi tirer des con-

clusions pratiques en confrontant les résultats ainsi obtenus avec ceux observés dans l'utilisation dans les gazogènes.

On a d'autre part observé que le charbon soumis à la combustion dans les conditions ci-dessus indiquées n'est brûlé qu'en partie dans le tube de quartz et qu'après l'extinction de la zone lumineuse il reste un charbon ayant sensiblement l'aspect du charbon primitif. On peut le soumettre à une nouvelle combustion dans les mêmes conditions. On peut même effectuer plusieurs combustions semblables. Quoique l'augmentation de la teneur en cendres soit notable, le charbon brûle de plus en plus vite; il atteint même une vitesse de propagation de la combustion qu'on n'observe habituellement pas dans les charbons ordinaires. Une modification de la texture, augmentant la porosité, compense sans doute l'action retardatrice que semble devoir exercer l'augmentation de la teneur en cendres.

	Charbon de bois A.	B. (Bouleau).	C. (Chêne).
1re combustion	2,36	2,25	2,40
2e »	3,2	2,5	4,5
3e »	3	3,6	4,5
4e »	4	3	4,5
5e »	4,5	4	5,5
6e »	4	4	5

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Synthèse des corps organiques et de l'ammoniaque en partant de gaz à l'eau sans emploi de catalyseurs.* Note de M. **M. Brutzkus**, présentée par M. C. Matignon.

On a établi (¹) le principe chimicotechnologique suivant :

« Toute réaction chimique peut être dirigée et accélérée dans une certaine direction par des variations extérieures, continues et simultanées, de la pression, de la température et de la concentration des différents corps agissant dans le sens opposé à celui des variations provoquées par la réaction désirée. »

Comme conséquence de ce principe le meilleur moyen de réaliser des réactions chimiques entre gaz et entre gaz et liquides est de les effectuer dans des compresseurs, vu qu'avec un compresseur on peut facilement varier la pression, la température et les concentrations selon le principe rappelé

(¹) *Comptes rendus*, **176**, 1923, p. 1621 et 1808; **180**, 1925, p. 199 et 429.

ci-dessus. Il y est aussi montré que les variations continues et simultanées de ces facteurs d'équilibre chimique peuvent remplacer l'action des catalyseurs....

On a réussi à réaliser par cette méthode la synthèse de corps organiques et simultanément la synthèse de l'ammoniaque en partant de gaz à l'eau seul ou mélangé avec de l'air sans emploi de catalyseurs et sans purification spéciale du gaz.

L'eau de la réaction était fortement colorée par les sels de fer des acides organiques qui s'étaient formés et qui ont attaqué les parois des tubes et des réservoirs. Il se forme non seulement des sels solubles dans l'eau mais aussi des sels insolubles. On y a trouvé aussi des aldéhydes. L'eau formée en donne les réactions réductrices : elle décolore très fortement le permanganate de potassium et forme un miroir sur les parois de l'éprouvette avec la solution ammoniacale de Ag. Cette eau contenait aussi des sels ammoniacaux des acides organiques formés.

Pendant les essais on a fait des analyses de gaz entrants et sortants du compresseur et les chiffres suivants peuvent être regardés comme typiques ([1]) :

	Gaz entrant.	Avec 7,5 % d'air.	Gaz sortant.	Réduits à 14,3 % N.	Changements.
	%	%	%	%	vol
CO^2	5,4	5,00	5,6	5,1	+0,1
Hydrocarbures	-	-	0,4	0,36	+0,3
Oxygène	0,2	1,67	0,4	0,36	−1,3
CO	38,4	35,60	36,4	33,20	−3,5
CH^4	1,6	1,49	1,2	1,09	−0,4
H^2	44,9	41,70	40,2	36,60	−5,1
N^2	9,5	14,30	15,7	14,30	-
	100,0	99,75	99,9	90,01	−9,1

La disparition de $3^{vol},5$ de CO peut être regardée comme la mesure de la synthèse produite.

Le rendement en ammoniaque a été jusqu'ici toujours très faible.

La plus forte pression employée était de 50^{atm}.

Ces premiers résultats qualitatifs ont démontré la justesse des déductions théoriques mentionnées ci-dessus.

([1]) Sur le calcul de ces analyses, voir ma Note dans les *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 861.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la préparation du cyanogène par voie humide.* Note de Mlle **Cécile Noir** et M. **Tchéng-Datchang**, transmise par M. G. Urbain.

Jacquemin a étudié la préparation du cyanogène par voie humide : action du cyanure de potassium sur une dissolution de sulfate de cuivre (¹). Cette méthode qui permet d'obtenir facilement le cyanogène présente un inconvénient : le gaz obtenu contient du gaz carbonique en assez grande proportion. Jacquemin attribue la présence de ce gaz aux impuretés du cyanure employé.

B. Ricca (²) a repris cette étude et a constaté, dans le gaz obtenu, la présence d'une plus grande quantité de gaz carbonique que celle qui avait été notée par Jacquemin.

Il recueille le gaz sur une solution composée d'eau saturée de chlorure de sodium et acidulée par 10^{cm^3} d'acide chlorhydrique au litre. Il fait absorber le gaz par de la soude. L'acide cyanhydrique, qui se trouve toujours en faible quantité dans le mélange gazeux, donne du cyanure. Le cyanogène se transforme en un mélange de cyanure et de cyanate. Ricca titre le cyanure formé par le nitrate d'argent. Puis il dose le cyanate par alcalimétrie, après transformation du cyanate en ammoniaque par hydrolyse. Quant au gaz carbonique il l'évalue par différence.

L'auteur obtient les résultats suivants :

$(CN)^2 = 62\,\%$, $CO^2 = 30\,\%$, $CNH = 2{,}5$ à $3\,\%$, $Air = 5\,\%$.

Nous avons constaté quelques imperfections dans ces méthodes analytiques.

La principale est le dosage du gaz carbonique qui est un dosage par différence, ce qui ne permet pas d'arriver à des conclusions très précises. De plus, Ricca considère l'air qui peut se trouver dans le gaz préparé, non comme provenant d'imperfections de l'appareil, mais comme faisant partie du mélange gazeux. Or on peut très bien diminuer et même supprimer la proportion en employant un dispositif perfectionné.

Nous avons repris les expériences de Ricca et nous avons fait les remarques suivantes :

1° Contrairement à ce que trouve l'auteur, le liquide de garde qu'il

(¹) *Ann. Ch. Phys.*, 6, 1885, p. 140.
(²) *Annali Ch. appl.*, 16, 1926, p. 83-88.

emploie absorbe le cyanogène en grande proportion. Nous avons constaté que 3^{vol} de ce liquide absorbent 2^{vol} de gaz à 16° sous la pression atmosphérique. Aussi malgré toutes les difficultés qu'occasionne l'emploi du mercure comme liquide de garde, nous avons dû avoir recours au gazomètre à mercure.

2° L'absorption du gaz par la soude ne donne pas les mêmes proportions de cyanure suivant la concentration de l'alcali.

3° L'application de la méthode de Liebig pour le dosage du cyanure de sodium par le nitrate d'argent ne donne pas de résultats concordants.

Nous avons donc employé dans nos analyses une potasse de faible concentration $0,5n$, puis nous avons opéré de la manière suivante pour les dosages séparés.

1° *Dosage du cyanogène.* — Nous dosons le cyanure de sodium formé après absorption du cyanogène par la soude en employant la méthode de F. H. Rhodes (¹), qui consiste à verser dans la solution de cyanure un excès de nitrate d'argent. Après acidulation par l'acide nitrique dilué et filtration du cyanure d'argent formé, on dose l'excès d'argent dissous par le sulfocyanate. Nous nous sommes assurés que cette méthode fournissait des résultats corrects, en analysant un cyanogène pur préparé par décomposition du cyanure de mercure.

2° *Dosage du gaz carbonique.* — Nous faisons passer un volume connu de gaz dans de l'eau de baryte, nous filtrons rapidement le carbonate formé et nous le titrons par les méthodes alcalimétriques ordinaires.

3° *Dosage de l'acide cyanhydrique.* — Un volume connu de gaz est dirigé dans un volume connu de nitrate d'argent titré; l'acide cyanhydrique précipite sous forme de cyanure d'argent, que nous filtrons. Dans le filtrat nous dosons le nitrate d'argent en excès par le sulfocyanate.

Par ces méthodes nous obtenons les résultats suivants :

$$(CN)^2 = 78\ \%, \qquad CO^2 = 20\ \%, \qquad CNH = 1 \text{ à } 2\ \%.$$

On le voit, ces chiffres sont notablement différents de ceux qui ont été trouvés par Ricca, mais ils confirment la présence du gaz carbonique en forte proportion.

Cet auteur attribue la présence du gaz carbonique dans le gaz de Jacquemin, au phénomène d'hydrolyse; la solution de cyanure de potassium, qui est toujours alcaline, est attaquée par le cyanogène produit et il se

(¹) *J. ind. and eng. Chem.*, 4ᵉ série, 33, 1912, p. 652.

forme du cyanate qui, par hydrolyse, donne le gaz carbonique. Pour vérifier cette explication nous avons préparé le gaz de Jacquemin en remplaçant la solution aqueuse de cyanure par de l'acide cyanhydrique. Nous avons constaté que le gaz ainsi obtenu ne contenait qu'une quantité insignifiante de gaz carbonique, ce qui confirme l'explication de Ricca.

Une partie du Mémoire de Jacquemin est consacrée à la préparation du cyanogène par oxydation du cyanure cuivreux au moyen du perchlorure de fer, mais nous n'avons pas d'indication de l'auteur sur la pureté du gaz obtenu. Nous avons repris cette étude et constaté, comme il fallait s'y attendre, que le cyanogène ainsi préparé est presque tout à fait pur. Or Ricca, dans son travail, passe complètement sous silence cette partie du Mémoire de Jacquemin. Il est cependant intéressant de pouvoir utiliser, pour la préparation du cyanogène, cette méthode par voie humide très facile et économique. Nous proposons donc, afin d'éviter la première partie de la réaction, de préparer directement du cyanure cuivreux en faisant agir le cyanure de potassium sur une solution de sulfate de cuivre préalablement réduite par du bisulfite de soude; on filtre et lave le cyanure de cuivre précipité, puis on l'oxyde par le chlorure ferrique en chauffant pour terminer la réaction. Le cyanogène obtenu est exempt de gaz carbonique et le rendement est sensiblement théorique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouvelles recherches relatives à l'action des dérivés organo-magnésiens sur quelques dialcoylamides grasses.* Note de Mlle **Marthe Montagne**, présentée par M. Charles Moureu.

Lorsqu'on condense l'iodure de méthylmagnésium avec une N-dialcoylbutyramide (¹) on observe la formation d'une base tertiaire, résultant de la fixation de deux radicaux méthyle sur le carbonyle de l'amide

$$C^3H^7-\underset{\underset{(CH^3)^2}{||}}{C}-N(R)^2.$$

En présence d'iodure de méthyle cette base, dont la chaîne carbonée possède 6 atomes de carbone, est accompagnée d'une autre base tertiaire, possédant un CH² de plus sur la chaîne carbonée. Nous avons montré (²)

(¹) *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 216.
(²) *Comptes rendus*, **186**, 1928, p. 874.

qu'avec la N-diéthylbutyramide, par exemple, cette dernière base est le diéthylamino-3-méthyl-3-hexane

$$C^3H^7C(CH^3)(C^2H^5) - N(C^2H^5)^2$$

et que sa formation ne peut être expliquée que par la soudure de deux radicaux méthyle, dont l'un est emprunté à l'iodure de méthyle libre dans le milieu réactionnel.

Nons n'avons pu trouver jusqu'ici une explication satisfaisante de cette réaction imprévue. On peut adopter provisoirement le schéma suivant, qui exprime la soudure des deux radicaux, en tenant compte des conditions expérimentales dans lesquelles elle s'effectue :

$$(1)\quad C^3H^7C(=O)N(C^2H^5)^2 + CH^3MgI + CH^3I = C^3H^7C(OMgI)(CH^3) - N(C^2H^5)^2(I)(CH^3),$$

$$(2)\quad C^3H^7C(OMgI)(CH^3) - N(C^2H^5)^2(I)(CH^3) + 2CH^3MgI$$

$$= C^3H^7C(CH^3)(CH^2 - CH^3) - N(C^2H^5)^2 + 2MgI^2 + MgO + CH^4.$$

Quel qu'en soit le mécanisme, l'expérience montre que cette réaction n'est pas limitée au cas de l'iodure de méthyle. Nous l'avons étendue à d'autres halogénures d'alcoyles : bromure et iodure de butyle normal, chlorure de benzyle, qui réagissent dans le même sens que l'iodure de méthyle, mais avec une activité moindre.

En d'autres termes, en faisant agir l'iodure ou le bromure de butyle sur le mélange N-diéthylbutyramide et iodure de méthylmagnésium, on obtient, à côté de la base normale déjà décrite (diéthylamino-2-méthyl-2-pentane), une autre base tertiaire provenant de la fixation sur cette première base du radical *n*-butyle; il s'agit donc du diéthylamino-4-méthyl-4-nonane

$$C^3H^7C(CH^3)(CH^2 - C^4H^9) - N(C^2H^5)^2.$$

C'est un liquide bouillant à 128-129° sous 20mm. Le picrate fond à 78-79°, le chloroaurate fond à 54°.

Avec le chlorure de benzyle la réaction est analogue; on isole le même diéthylamino-2-méthyl-2-pentane, et le phényl-1-méthyl-3-diéthylamino-3-hexane, bouillant à 163° sous 10mm (picrate, F = 99°; chloroaurate, F = 101°) de formule

$$\begin{array}{c} C^3H^7C - N(C^2H^5)^2. \\ \diagup \quad \diagdown \\ CH^3 \quad CH^2 - CH^2C^6H^5 \end{array}$$

La constitution de ces bases, déduite de celle du diéthylamino-3-méthyl-3-hexane, obtenu sous l'action de l'iodure de méthyle, est confirmée par l'analyse des bases elles-mêmes et de leurs dérivés solides. Enfin le chlorhydrate du diéthylamino-4-méthyl-4-nonane, soumis à l'action de la chaleur, donne naissance à un carbure éthylénique, bouillant à 161-164°, dont la formule brute $C^{10}H^{20}$ correspond au point d'ébullition de ce carbure et à sa densité de vapeur, mesurée par la méthode de Meyer :

$$\begin{array}{c} C^3H^7C - N(C^2H^5)^2HCl \\ \diagup \quad \diagdown \\ CH^3 \quad CH^2 - C^4H^9 \end{array} = NH(C^2H^5)^2HCl + \begin{array}{l} C^3H^7C = CH - C^4H^9 \\ \quad | \\ \quad CH^3 \end{array}$$

ou

$$C^2H^5CH = C\begin{array}{l} \diagup CH^2 - C^4H^9 \\ \diagdown CH^3 \end{array}.$$

L'équation qui exprime l'action d'un halogénure d'alcoyle sur la N-diéthylbutyramide, en présence d'iodure de méthyl-magnésium, sera donc la suivante :

$$\begin{array}{l} C^3H^7CN(C^2H^5)^2 \\ \quad \| \\ \quad O \end{array} + 3CH^3MgI + RX \rightarrow \begin{array}{l} C^3H^7C - N(C^2H^5)^2 \\ \quad \| \\ (CH^3)^2 \end{array} + \begin{array}{c} CH^3 \\ | \\ C^3H^7C - N(C^2H^5)^2. \\ | \\ CH^2 \\ | \\ R \end{array}$$

A notre connaissance une telle réaction n'a jamais été signalée ; elle réalise, dans la série grasse, une condensation analogue à la réaction de Friedel : fixation du radical d'un halogénure sur un carbure, qui a toujours nécessité jusqu'ici l'emploi d'un carbure aromatique.

La généralité de cette réaction, reconnue en ce qui concerne les différents halogénures d'alcoyles susceptibles d'être utilisés, en fait un moyen de synthèse intéressant pour l'obtention de bases tertiaires à chaîne ramifiée,

possédant un carbone asymétrique et dont l'une des ramifications peut être aussi longue que l'on veut.

Nous nous proposons de continuer l'étude de cette réaction nouvelle, afin d'élucider son mécanisme encore inconnu, et de rechercher dans quelles voies il est possible de la généraliser.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à l'étude de l'action de l'acide bromhydrique gazeux sur les éthers-sels d'acides organiques à la pression ordinaire.* Note [1] de M. **Marius Séon**, transmise par M. Paul Sabatier.

La décomposition qu'éprouvent les éthers-sels par l'action simultanée de la chaleur et des alcalis en fournissant l'alcool et l'acide correspondant est, sans contredit, une des propriétés les plus générales et les plus remarquables de ces composés.

Je me suis demandé si un dédoublement analogue ne pourrait avoir lieu sous l'influence de l'acide bromhydrique gazeux à la pression ordinaire.

Ce dédoublement ne pouvait s'effectuer que d'après la formule

$$R.COO.R' + H.Br \rightarrow R'.Br + R.COOH$$

et non d'après l'équation

$$R.COO.R' + H.Br \rightarrow R'.OH + R.COBr,$$

car le bromure d'acide formé réagirait sur l'alcool qui aurait pris naissance.

Partie expérimentale. — Les éthers-sels soumis à l'expérience appartiennent à des alcools divers; voici ceux particulièrement étudiés :

Formiate d'amyle. — La réaction se passe à la température d'ébullition de l'éther-sel, et le temps de passage de gaz bromhydrique est de 6 heures. J'ai identifié le bromure d'amyle et l'acide formique. J'ai donc eu la réaction

$$H.COO.C^5H^{11} + H.Br \rightarrow C^5H^{11}Br + H.COOH$$

avec un rendement de 14 pour 100.

Salicylate d'amyle. — La réaction se passe à la température d'ébullition de l'éther-sel et le temps de passage du gaz bromhydrique est de 5 heures. J'ai identifié le phénol et le bromure d'amyle. J'ai donc eu la réaction

$$C^6H^4\left\langle\begin{matrix}OH(1)\\ COO.C^5H^{11}(2)\end{matrix}\right. + H.Br \rightarrow C^6H^5.OH + CO^2 \nearrow + C^5H^{11}Br;$$

rendement 8 pour 100.

(1) Séance du 2 juillet 1928.

Le phénol provient de l'acide salicylique formé transitoirement, lequel étant surchauffé s'est dédoublé suivant l'équation

$$C^6H^4\langle{}^{OH(1)}_{COOH(2)} \rightarrow C^6H^5.OH + CO^2 \nearrow.$$

Acétate de benzyle. — La réaction se passe à froid et le temps de passage du gaz bromhydrique est de 12 heures. J'ai identifié l'acide acétique et le bromure de benzyle. J'ai eu la réaction

$$CH^3.COO.CH^2.C^6H^5 + H.Br \rightarrow CH^3.COOH + C^6H^5.CH^2Br;$$

rendement 100 pour 100.

Benzoate de benzyle. — La réaction se passe à froid et le temps de passage du gaz bromhydrique est de 4 heures. J'ai identifié l'acide benzoïque et le bromure de benzyle. J'ai eu la réaction

$$C^6H^5.CH^2.COO.C^6H^5 + H.Br \rightarrow C^6H^5.CH^2Br + C^6H^5.COOH;$$

rendement 100 pour 100.

Acétate d'allyle. — La réaction se passe à froid et le temps de passage du gaz bromhydrique est de 15 heures. J'ai identifié l'acide acétique, et les bromures de propylène isomères γ et δ, lesquels j'ai transformé en propylglycol-1.2 et acide glutarique faciles à reconnaître. J'ai eu la réaction

$$2CH^3.COO.CH^2.CH = CH^2 + 2H.Br \rightarrow 2CH^3.COOH + \begin{cases} CH^2Br.CH^2.CH^2.Br (27\ \%) \\ CH^3.CHBr.CH^2.Br (73\ \%) \end{cases}$$

Acétylacétate d'éthyle. — La réaction se passe à froid et le temps de passage du gaz bromhydrique est de 2 heures. J'ai identifié le bromure d'éthyle, la propanone, le composé à température d'ébullition maximum (Eb $= 126^o$), renfermant 47,37 pour 100 de gaz bromhydrique, et un produit de condensation de l'acétylacétate d'éthyle, distillant vers 265° et cristallisant en partie (F $= 47^o$), son dédoublement par la potasse alcoolique donne la 2.4-diméthyle-α-pyrone-3-carbonique et l'éther éthylique correspondant.

J'ai donc eu la réaction

$$(1)\quad CH^3.CO.CH^2.COO.C^2H^5 + H.Br \rightarrow CH^3.CO.CH^3 + CO^2 \nearrow + C^2H^5.Br (12\ \%).$$

La propanone provient de l'acide acétylacétique formé transitoirement, lequel se dédouble comme tous les onoïques β, suivant la réaction

$$CH^3.CO.CH^2.COOH \rightarrow CO^2 + CH^3.CO.CH^3.$$

Parallèlement à l'équation (1) j'ai eu la réaction de condensation.

Éthers phényliques. — J'ai utilisé l'acétate de phényle et le benzoate de phényle. Il m'a été impossible de dédoubler les molécules; une fois de plus le phénol caractérise bien une fonction spéciale.

Acétate de cyclohexyle. — L'expérience se passe à la température d'ébullition de

l'éther-sel et le temps de passage du gaz bromhydrique est de 8 heures. J'ai identifié l'acide acétique et le bromure de cyclohexyle. J'ai eu la réaction

$$CH^3.COO.C^6H^{11} + H.Br \rightarrow CH^3.COOH + C^6H^{11}Br.;$$

rendement : 27 pour 100.

Conclusions. — Comme on le voit, les éthers-sels sur lesquels j'ai étudié l'action de l'acide bromhydrique gazeux à la pression ordinaire, se dédoublent, et d'une manière parfaitement nette, en acide et éther bromhydriques. Ce sont aussi ceux qui, sous l'action de la potasse, se décomposent d'une manière constante.

Une seule exception : les éthers phényliques, dont le dédoublement par l'acide bromhydrique n'a pas eu lieu; une fois de plus le phénol caractérise bien une fonction spéciale.

Tous ces éthers-sels ont été choisis très différents, aussi la réaction me semble-t-elle suffisamment générale pour écrire

$$R.COO.R' + H.Br \rightarrow R.COOH + R'.Br,$$

R pouvant être un radical monovalent quelconque, et R' un radical également monovalent, pouvant être aliphatique, phénylforménique ou cyclohexaméthylénique.

LITHOLOGIE. — *Sur une série de laves de la Serbie méridionale.* Note de M. **J. Tomitch.**

Les roches volcaniques qui font l'objet de cette Note proviennent d'une région située au nord-ouest d'Ovče Polje, dans la Serbie méridionale, où on les rencontre généralement sous forme de coulées, mais parfois aussi sous forme de dômes ou de dykes.

Elles reposent sur des couches de grès et de sédiments marno-calcaires du Tertiaire inférieur. Les principaux gisements sont : Mont Venaz, Dyouriski Vis, Mont Gradisté, Kourel.

Ces roches forment une série qui comprend des *latites* renfermant ou non de la silice libre, un *basalte shoshonitique* (*absarokite*) et une roche leucitique, la *kajanite*.

L'aspect de ces roches est très varié; les unes sont poreuses ou compactes, de couleur gris foncé; les autres sont gris clair (Venaz). Leur degré de

cristallinité et leur structure sont assez variables, les types nettement porphyriques prédominent, mais il existe aussi des types aphyriques.

Minéralogiquement ces roches sont caractérisées : 1° par la présence constante de la biotite intratellurique; 2° par l'absence de phénocristaux de feldspaths. La biotite est une variété pauvre en fer de couleur pâle, parfois presque incolore et se présentant sous forme de lames allongées, en grande partie résorbées, souvent remplies de petits grains de magnétite. Les macles avec accolement suivant p (001) ne sont pas rares.

Il existe aussi de l'augite et de l'olivine en phénocristaux et en microlites. Suivant les cas c'est l'augite ou l'olivine qui prédomine; toutefois dans les trachytes de Venaz ce dernier minéral n'existe pas. Les phénocristaux d'augite, incolores ou légèrement verdâtres, présentent souvent des macles suivant h^1 (100) ou des macles cruciformes suivant o^1 (100). L'olivine forme le plus généralement des cristaux automorphes, parfois transformés sur les bords en bowlingite, quelquefois ils sont un peu rubéfiés. Cependant elle constitue aussi souvent des nodules microscopiques.

Dans certains types de cette série lithologique l'orthose est le seul feldspath présent; elle est très aplatie suivant g^1 (010); les cristaux présentent souvent la forme d'association en dents de scie; et certains d'entre eux sont bordés d'albite.

Le plagioclase (oligoclase acide) est surtout abondant dans les roches de Gradisté et de Dyouristé; malheureusement leur détermination précise est rendue difficile par la petitesse des microlites.

La leucite n'existe que dans la kajanite, sous forme de cristaux globulaires de très petite taille.

Comme éléments accessoires il faut mentionner l'apatite et la magnétite.

Quant à la silice libre elle n'est pas exprimée, mais dans toutes ces roches des enclaves microscopiques de quartz sont fréquentes.

Voir ci-contre quelques analyses de ces roches (M. Raoult).

Ces analyses font voir que la caractéristique commune à toutes ces roches réside dans la prédominance de la potasse sur la soude et que la somme des alcalis est plus petite que la teneur en l'alumine. La teneur en potasse augmente sensiblement quand on passe du basalte à la kajanite. Dans la deuxième analyse les teneurs en potasse et en soude sont presque égales, ce qui donne à la roche un caractère doreitique.

On remarque en outre qu'il y a diminution de silice et augmentation de magnésie et de chaux en allant vers la kajanite.

1. Latite aphyrique, Venaz.................... I.(4)5.'2.3
2. Latite vitreuse, Venaz...................... I(II).4(5).'2.3(4)
3. Latite, Dyouriski Vis....................... II'.5.2.3
4. Basalte shoshonitique, Gradisté............. II(III).5.2.3[2.2(3).2.2]
5. Kajanite shoshonitique, Kourel............. (II)(III).5(6).2.2'[2.3.2.2]

	1.	2.	3.	4.	5.
SiO^2	65,76	65,26	52,94	53,12	49,48
Al^2O^3	17,13	15,05	14,73	14,17	13,28
Fe^2O^3	1,90	2,06	3,04	2,90	3,03
FeO	0,51	1,49	3,24	3,67	3,60
MnO	0,10	0,13	0,19	0,17	0,17
MgO	0,46	2,00	6,92	8,00	8,65
CaO	2,18	4,46	7,42	6,86	8,56
Na^2O	4,77	4,43	3,49	3,07	2,17
K^2O	5,66	4,68	5,10	5,47	6,10
TiO^2	0,60	0,46	1,20	1,38	1,62
P^2O^5	0,18	0,16	0,82	0,64	0,86
$H^2O(+)$	0,71	0,15	0,65	0,57	1,50
» (−)	0,39	0,08	0,36	0,23	0,74
CO^2					0,60
	100,35	100,41	100,10	100,25	100,36
SiO^2	14,46	12,60	»	»	»
Ne	»	»	3,98	2,84	5,40
An	17	16	30	30	51
$\frac{Or}{Pl}$	0,69	0,58	0,95	1,12	2,22
Σ_b	5,28	15,33	33,65	35,22	38,69

Dans la classification chimico-minéralogique de M. A. Lacroix ces roches, sauf la kajanite, viennent se placer dans la série des trachytes calco-alcalins du groupe potassique des latites. La présence soit de quartz soit de la néphéline virtuelle montre qu'il existe de types α et β.

Bien que les paramètres mettent en évidence certaines différences de composition chimique, ces roches forment en réalité une série lithologique continue.

En effet il est intéressant de remarquer que dans cette série on peut admettre l'existence d'un type moyen, de paramètre II'.5.2.3, autour duquel viennent se ranger des types de passage :

1° vers les rhyolites par le type I.(4)5'.2.3;

2° vers les andésites par le type sancyitique I.(II).4(5).'2.3(4);

3° vers les basaltes par le type shoshonitique I(II).5.2.3;

4° vers les kajanites par le type II(III).5(6).2.2.

Ces roches montrent quelque analogie avec celles des Champs Phlégréens, mais elles en diffèrent par l'absence de phénocristaux de feldspaths et de phénomènes d'autopneumatolyse, si caractéristiques de ces dernières roches.

GÉOLOGIE. — *Sur l'importance des phénomènes de solifluction en Bretagne pendant le Quaternaire.* Note (1) de MM. **Y. Milon** et **L. Dangeard**, présentée par M. L. Cayeux.

Le terme de *solifluction* a été créé par Andersson (2) pour désigner les phénomènes qu'il a observés à Bear Island.

Cette île est située dans l'Atlantique nord, par 74°,5 de latitude, et présente de grandes étendues de *sols mouvants*, saturés d'eau, sur lesquels la végétation ne peut se maintenir. Il se forme ainsi, surtout en été au moment de la fonte des neiges, des sortes de *glaciers de pierres et de boue* qui descendent entre les collines.

Des exemples nombreux et variés de ces phénomènes ont été étudiés dans diverses régions. Le domaine de la *solifluction* — ou de la *nivation* — comprend « tous les pays de climat polaire qui ne sont pas couverts de glaciers et toutes les hautes montagnes au voisinage de la zone des neiges éternelles » (3). On peut donc dire que les zones glaciaires actuelles sont bordées, d'une façon plus ou moins continue, par des *zones subglaciaires* ou *périglaciaires* (4), où se produit la solifluction; les moraines des zones glaciaires y sont remplacées par des coulées boueuses et pierreuses qui témoignent d'une érosion extrêmement intense.

Pendant le Quaternaire les zones glaciaires et leurs auréoles « subglaciaires » ont débordé sur de vastes régions. L'extension des premières peut être prouvée par la présence de roches moutonnées, d'argiles à blocaux, etc.

(1) Séance du 2 juillet 1928.

(2) J. G. Andersson, *Solifluction, a component of subaërial denudation* (*Journal of Geology*, 14, 1906, p. 96).

(3) E. de Martonne, *Traité de Géographie physique*. Paris, A. Colin, 4e édition, 1926, p. 858.

(4) Lozinski, *Die periglaziale Fazies des mecanischen Verwitterung* (*C. R. XIe Congrès Géol. intern.*, Stockholm, 1910, p. 1039).

Il est possible également de retrouver les traces fossiles des phénomènes de solifluction.

Ainsi Andersson [1] a montré que les *rivières de pierres* des îles Falkland, déjà observées par Darwin et Wyville Thomson, sont des coulées pierreuses fossiles de dimensions considérables, actuellement couvertes de végétation : elles ont été formées à une époque où le climat était plus rigoureux que de nos jours, mais insuffisamment froid, pour déterminer la production de glaciers. En d'autres termes, les îles Falkland, au Quaternaire, ont fait partie du domaine de la solifluction.

Il en a été de même à cette époque pour la région de la Manche. Les glaces qui ont couvert l'Irlande, l'Écosse et une partie de l'Angleterre n'ont pas dépassé vers le Sud une ligne allant de l'embouchure de la Tamise au canal de Bristol; la Manche s'est donc trouvée, à certaines périodes du Quaternaire, dans une zone subglaciaire. M. Barrois [2] a depuis longtemps attiré l'attention sur le rôle joué par les glaces flottantes de la Manche. James Geikie [3] a montré que les dépôts quaternaires de la côte méridionale d'Angleterre, connus sous le nom de « *rubble drift* », ou « *head* », tenaient la place du vrai « *drift glaciaire* » (argile à blocaux) connu au nord de la Tamise, et s'étaient formés dans des conditions de climat plus rigoureuses que celles de l'époque actuelle.

Des formations de même origine se retrouvent dans le nord de la Bretagne et en Normandie [4]. En particulier dans ces régions les terrasses monastiriennes sont surmontées presque partout par des dépôts souvent très épais qui sont dus aux phénomènes de solifluction : coulées pierreuses (*head* des géologues anglais) et coulées boueuses (beaucoup de limons appartiennent à ce type de dépôt).

De nombreux exemples de ces formations peuvent être cités en Bretagne (baie de Saint-Brieuc, région de Paimpol, rade de Brest, etc.). Ils prouvent qu'une érosion intense s'est produite au Quaternaire. Leur importance au point de vue topographique est manifeste : certaines collines, aux contours adoucis, de la pénéplaine bretonne, sont comme noyées en partie sous des dépôts boueux et pierreux très épais (rive gauche du Trieux, en face de Lancerf, environs de Paimpol, île de Bréhat, etc.). Les vallées sont parfois remblayées jusqu'à une grande hauteur par des coulées pierreuses, des limons et des sables [vallée de la Flora à Pléneuf (Côtes-du-Nord)].

---

(1) *Loc. cit.*, p. 10.

(2) Ch. Barrois, *Légende de la carte géologique*, feuille 42, Tréguier.

(3) J. Geikie, *The Great Ice Age*, 3e édition, London, 1874, p. 722.

(4) Voir pour le Quaternaire de Normandie : A. Bigot, *Formations monastiriennes et postmonastiriennes de Basse Normandie* (*Comptes rendus*, 185, 1927, p. 824).

Dans de nombreuses localités, les coulées boueuses et pierreuses ont été remaniées, mais leur origine est encore facilement reconnaissable : le vent a entraîné les parties fines et les a accumulées ailleurs en donnant naissance à d'autres limons. Les eaux de ruissellement, les rivières et la mer ont emporté une partie des dépôts en abandonnant souvent presque sur place les plus gros éléments.

Les phénomènes de solifluction, dont le rôle actuel paraît presque nul, se sont donc produits en Bretagne avec une grande intensité à certaines périodes du Quaternaire. Il en est résulté une érosion considérable et l'accumulation de dépôts importants qui s'observent en place ou à l'état remanié, le long des côtes et dans les vallées de l'intérieur. L'action récente des agents d'érosion n'a pu qu'estomper sans les effacer les traits caractéristiques de ces phénomènes.

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *Recherches sur le développement du périthèce dans le genre* Elaphomyces. Note de M. **Clémencet**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

La famille des Élaphomycétacées est actuellement très peu connue; sa position systématique elle-même est douteuse puisque certains auteurs (Gäumann, Engler et Prantl) les placent avec les Terféziacées au voisinage des *Penicilliopsis* et des *Onygena* tandis que d'autres les rapprochent des ascomycètes hypogés du groupe des Tubérinées. Leur caractère macroscopique le plus net est leur gléba pulvérulente. Les Élaphomycètes les plus connus dans la région parisienne sont les *E. granulatus* et *E. variegatus*. On les trouve enfouis peu profondément au pied des chênes et des chataîgniers. Nous avons étudié plus spécialement l'*Elaphomyces granulatus* Fr. (*cervinus* Nées).

Le périthèce, plus ou moins sphérique, comporte un péridium à deux couches, l'une externe, mince et colorée (voile), l'autre interne, charnue blanchâtre ou brun clair (cortex). Dans cette enveloppe générale, se trouve un tissu lacuneux au milieu duquel des hyphes grêles allongés et parallèles délimitent des chambres hyméniales.

Les asques sont sphériques ou ovoïdes et contiennent ordinairement huit ascospores sphériques, *uninucléées*, contrairement à ce qui se passe chez la Truffe où les ascospores sont *plurinucléées* à maturité [1].

---

[1] P.-A. Dangeard, *La Truffe. Recherches sur son développement, sa structure, sa reproduction sexuelle* (*Le Botaniste*, 4, 1894, p. 63-87).

Plusieurs faits sont à signaler dans le développement.

1° La formation des asques ne semble pas très précoce. Nous avons eu à notre disposition des exemplaires dont la taille allait de 1mm à 3cm de diamètre; or, dans des périthèces ayant déjà de 7 à 8mm, nous n'avons trouvé aucune trace de tissu ascogène. Le périthèce semble alors entièrement constitué par le péridium déjà bien différencié. Bientôt apparaît au centre un tissu lacuneux formé d'hyphes grêles enchevêtrés, c'est au milieu de ce tissu que prennent naissance les hyphes ascogènes reconnaissables à leur plus grand diamètre et à leur protoplasme réticulé, plus dense et plus chromophile. Ils se contournent et forment des pelotons autour desquels s'organisent les chambres sporifères.

Un peu plus tard, nous retrouvons des hyphes avec des renflements plus ou moins nombreux qui contiennent chacun deux noyaux : ce sont de jeunes asques qui sont supportés par deux filaments, un peu comme dans le mode de formation bien connu en crochet : on doit noter cependant que l'un d'eux peut continuer sa croissance et même se ramifier.

Après la fusion des deux noyaux, l'asque augmente considérablement de volume : il montre une grande vacuole antérieure : le cytoplasme très réduit se localise à la base et c'est là qu'on trouve deux, quatre ou huit noyaux, selon le nombre des bipartitions déjà effectuées ils sont vésiculeux et pauvres en chromatine : le nombre des ascospores est ordinairement de huit, parfois de six ou même de quatre.

Au début, les ascospores présentent un noyau bien net entouré d'un protoplasme réticulé à larges mailles. Peu à peu, le protoplasme se condense, les mailles se reserrent, le noyau devient moins distinct tandis qu'à la périphérie apparaît une membrane très épaisse, incolore qui persistera et formera plus tard l'endospore. Puis apparaît ensuite l'exospore d'abord mince et lisse, ensuite épaisse et présentant des crêtes sinueuses et ramifiées. Pendant ce temps, le protoplasme a continué de se condenser et dans la spore adulte est réduit à une mince auréole autour du noyau dont les limites sont si peu visibles qu'à première vue, on pourrait prendre le nucléole pour le noyau lui-même.

2° Les asques sont très fugaces et très tôt la gléba ne forme plus qu'une masse pulvérulente où les spores sont mêlées aux filaments de l'hymérium et aux hyphes ascogènes non encore développés. Ces deux catégories de filaments constituent ce qu'on a appelé le capillitium.

3° Les asques ne se développant pas simultanément on peut trouver dans un même échantillon à la fois des ascospores déjà libérées, des asques

mûrs, de jeunes asques en voie de développement, et même des hyphes ascogènes n'ayant pas encore donné d'asques.

4° Enfin, comme chez les truffes, mais moins fréquemment cependant, un certain nombre d'ascospores n'arrivent pas à maturité, si bien qu'on trouve des asques ne renfermant que 4 à 6 spores ou bien encore des spores de taille très exiguë.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la constitution chimique des chondriosomes et des plastes chez les végétaux.* Note de M. **P. Milovidov**, présentée par M. Molliard.

On est encore très peu renseigné sur la constitution chimique des chondriosomes. On leur attribue ordinairement une constitution lipoprotéique. La présence de lipoïdes dans les éléments du chondriosome a été démontrée par des recherches de nombreux auteurs. Pour ce qui concerne la présence d'albuminoïdes dans ces éléments, nous ne possédons, au contraire, que quelques indications assez imprécises.

Berg, Noël et les autres ont obtenu la réaction de Millon sur quelques chondriosomes. Plus récemment, P. Giroud a consacré à ce sujet une étude précise sur les cellules animales (cellules intestinales d'*Ascaris canis*) et a réussi à obtenir sur les chondriosomes la plupart des réactions caractéristiques des albuminoïdes. Mais aucune recherche dans cette voie n'a encore été faite pour ce qui concerne le chondriosome des cellules végétales.

On sait que les travaux de Guilliermond, Emberger et Mangenot ont démontré qu'il existe dans les cellules des végétaux chlorophylliens deux lignes d'éléments semblables par leurs formes et leur comportement vis-à-vis des réactifs histochimiques aux chondriosomes des cellules animales : l'une qui existe seule dans les Champignons correspond aux chondriosomes des cellules animales et dont on n'a pas encore précisé le rôle (chondriosomes inactifs dans la photosynthèse ou chondriosomes proprement dits), l'autre se transforme dans les cellules adultes en plastes et correspond aux plastes depuis longtemps connus. Il nous a paru intéressant d'essayer les réactions des albuminoïdes sur ces deux catégories de chondriosomes.

Nous avons choisi comme objet d'études pour cela le mycélium d'un *Saprolegnia* où l'on ne rencontre qu'une seule catégorie de chondriosomes, le bourgeon d'*Elodea* où l'on observe les deux catégories de ceux-ci et l'épiderme de *Tradescantia*, dans lequel on trouve à côté de mitochondries

proprement dites de gros leucoplastes ronds accolés au noyau. Les réactions ont été effectuées sur matériel vivant dans le *Saprolegnia* où les chondriosomes sont très faciles à observer, de même que dans l'épiderme de *Tradescantia* où les leucoplastes sont également très visibles. Au contraire, pour les bourgeons d'*Elodea* nous avons effectué les réactions sur des coupes fixées par le liquide de Regaud. Nous avons réussi à obtenir dans la plupart des cas des résultats positifs.

Dans le mycélium du *Saprolegnia* nous avons obtenu les résultats suivants :

1° Réaction de Derrien et Furchini, positive, nette, noir verdâtre, bien localisée.

2° Réaction de Zacharias (bleu de Prusse), positive, très nette bien localisée.

3° Réaction de Millon, positive et nette, rose caractéristique, localisée ou diffuse.

4° Réaction xanthoprotéique, positive, localisée.

5° Réaction à la parabenzoquinone, positive, nette, brunâtre, bien localisée, le cytoplasma plus en rose.

6° Réaction à l'acide phosphomolybdique, positive, faible, localisée et diffuse.

7° Réaction du biuret, positive, faible, mal localisée.

8° L'éosine en solution aqueuse faible produit une coloration très nette, très bien localisée (faible chauffage).

9° Le réactif iodo-ioduré donne une coloration très nette, très bien localisée.

10° Réaction de Romieu avec l'acide orthophosphorique, négative.

Le cytoplasma prend toujours une légère coloration presque identique à celle des chondriosomes. Sur ce fond coloré, la teinte des chondriosomes est donc parfois difficile à distinguer; cependant, lorsque les chondriosomes du *Saprolegnia* sont altérés et transformés en grosses vésicules, celles-ci s'accumulant en amas accentuent toujours les réactions de coloration : preuve que les chondriosomes présentent bien eux-mêmes ces réactions. D'autre part, nous avons réussi presque toujours sur les filaments fixés par le formol à observer les éléments du chondriome intacts sous forme de longs chondriocontes ou de fuseaux colorés d'une manière très nette et avec une teinte très distincte de celle du cytoplasma; cette distinction est surtout très manifeste avec les réactifs donnant des colorations noires et bleues. Enfin il est possible d'observer des chondriosomes sortis du siphon par une déchirure

accidentelle de la paroi de celui-ci ; en ce cas il est très facile de constater que la coloration de ces chondriosomes est tout à fait propre et ne dépend pas de celle du cytoplasma.

Nous avons recherché aussi les réactions histochimiques des plastes, réactions dont quelques-unes ont déjà été étudiées par Molisch, Lakon, etc. Sur les plastes sphériques de l'épiderme de *Tradescantia* qui se trouvent accolés au noyau, nous avons obtenu les réactions suivantes : réaction xanthoprotéique, de Millon, de Derrien-Turchini, de Zacharias, de l'iodo-ioduré, de quinone, de l'acide phosphomolybdique. Au contraire la réaction de Romieu n'a pas réussi, celle d'éosine est très faible. Il était intéressant d'essayer les mêmes réactions sur les chondriosomes destinés à se transformer aux plastes typiques. Nous avons essayé dans ce but de nombreuses réactions sur les coupes des bourgeons d'*Elodea canadensis* fixés par le liquide de Regaud et nous avons pu constater que les réactions des albuminoïdes sont positives et tout à fait semblables à celles que l'on obtient pour les chondriosomes de *Saprolegnia*. Les réactions du tannin, de bleu de de Prusse, de Millon, de l'acide phosphomolybdique, xanthoprotéique, sont toujours bien réussies.

Nos résultats établissent donc la présence des protides typiques dans les deux lignes de chondriosomes. En outre les réactions des protides sont les mêmes pour les chondriosomes des végétaux inférieurs (*Saprolegnia*), pour les chondriosomes destinés à se transformer en plastes des végétaux supérieurs (*Elodea*) et pour les plastes différenciés des cellules adultes (*Tradescantia*). En ce qui concerne les réactions des protides il n'existe donc aucune différence essentielle entre ces diverses catégories d'éléments mitochondriaux chez les végétaux et chondriosomes animaux.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur l'identité de la yohimbine et de la québrachine.* Note de M. **Raymond-Hamet**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

La présence d'un même alcaloïde dans des végétaux appartenant à des familles botaniques différentes est un fait exceptionnel. Aussi est-il d'un réel intérêt pour le biologiste de savoir si, comme l'ont admis Fourneau et Page, la yohimbine découverte par Spiegel dans l'écorce du *Pausinystalia Johimbe* (K. Sch.) Pierre, de la famille des Rubiacées, est réellement identique à la québrachine isolée pour la première fois par Hesse de l'écorce d'*Aspidosperma Quebracho blanco* Schletch., de la famille des Apocynacées. Il

ne faut pas oublier, en effet, que de très graves objections ont été soulevées contre les conclusions de Fourneau et Page.

On a reproché tout d'abord à ces deux auteurs d'avoir utilisé, pour leurs recherches, non pas des alcaloïdes extraits d'écorces identifiées avec certitude, mais des produits commerciaux dont l'origine reste nécessairement douteuse. Cette objection paraît justifiée car ceux qui ont eu à leur disposition de véritables écorces d'*Aspidosperma Quebracho blanco*, ou bien ont vainement tenté d'en extraire de la québrachine, ou bien n'ont pu isoler de ces écorces que des traces d'un alcaloïde dont l'identification reste douteuse.

En second lieu, on a fait grief à Fourneau et Page d'avoir affirmé l'identité de la yohimbine et de la québrachine sans s'être assurés que ces deux alcaloïdes possédaient les mêmes propriétés physiologiques. Et de fait, si l'on en croit Filippi, la québrachine commerciale étudiée par Fourneau et Page différerait au point de vue pharmacodynamique de la yohimbine commerciale.

Enfin, on s'est étonné que Fourneau et Page se soient bornés à étudier les deux bases et leurs sels, et qu'ils n'aient pas cru devoir comparer les acides qu'on peut obtenir par saponification de la yohimbine et de la québrachine ainsi que les éthers de ces acides. Pour Hahn qui a fait cette étude, l'acide québrachique différerait de l'acide yohimbique non seulement par son point de fusion (269°-270° au lieu de 259°-260°), mais encore par son pouvoir rotatoire dans la pyridine (+ 138°, 8 au lieu de + 79°, 2). Ce chimiste a en outre noté qu'en solution pyridinique les bases elles-mêmes accuseraient un pouvoir rotatoire différent (+ 107°, 9 pour la québrachine et + 84°, 1 pour la yohimbine). Aussi, en collaboration avec Stenner ([1]), Hahn a-t-il pu récemment conclure que la québrachine diffère de la yohimbine « par la position différente de son groupe carboxyle ».

Ces objections sont si fortes que la plupart des auteurs se sont refusés à admettre l'identité de la yohimbine et de la québrachine. Aussi avons-nous cru utile de reprendre cette étude.

Dans ce but, nous nous sommes tout d'abord assuré que la yohimbine, extraite par nous du chlorhydrate de yohimbine pur de Gustrow, dont plusieurs centaines de grammes avaient été mis à notre disposition, était bien identique avec la yohimbine isolée par nous d'écorces de *Pausinystalia Johimbe* déterminées avec certitude. Puis nous avons traité une vingtaine de

---

([1]) G. Hahn et W. Stenner, *Ber. d. d. chem. Gesellsch.*, 61, 1928, p. 278.

kilos d'écorces d'*Aspidosperma Quebracho blanco* de diverses provenances, mais qui, au point de vue pharmacognosique, présentaient tous les caractères assignés par les auteurs à ces écorces. Le traitement par la méthode de Hesse ne nous ayant pas permis d'extraire de québrachine, nous avons appliqué à l'isolement de cet alcaloïde la méthode de dosage de la yohimbine, que nous avons précédemment mise au point [1]. Nous avons pu ainsi extraire de 14^{kg} d'écorces d'*Aspidosperma Quebracho blanco* 36^g de chlorhydrate de québrachine, soit $2^g,571$ par kilogramme.

Après plusieurs recristallisations de la base dans l'alcool méthylique à 50 pour 100, nous avons obtenu une québrachine pure dont nous avons fait l'étude chimique, puis de cette base nous avons préparé le chlorhydrate que nous avons utilisé pour l'expérimentation sur l'animal.

Au point de vue chimique, nous avons constaté que la québrachine pure, recristallisée finalement dans l'alcool méthylique absolu, ne diffère en rien de la yohimbine pure également recristallisée d'abord dans l'alcool méthylique à 50 pour 100, puis finalement dans l'alcool méthylique absolu. Les microanalyses, aimablement faites par M. Rutgers, ont donné des chiffres pratiquement identiques :

Calculé pour $C^{21}H^{26}N^2O^3$.		Trouvé pour la yohimbine.		Trouvé pour la québrachine.	
C.....	71,15	C.....	71,28	C.....	71,02
H.....	7,40	H.....	7,54	H.....	7,46

Les acides yohimbique et québrachique possèdent tous deux le même point de fusion : 259°-260°. Leur pouvoir rotatoire dans la pyridine est le même : + 135°,9 pour le premier, + 136°,7 pour le second.

Dans la pyridine, la yohimbine et la québrachine recristallisées dans l'alcool méthylique à 50 pour 100 ont le même pouvoir rotatoire : + 102°,2 pour la yohimbine, + 102°,7 pour la québrachine.

L'yohimbate d'éthyle et le québrachate d'éthyle fondent tous deux à 189°-190°; dans l'alcool éthylique absolu, le pouvoir rotatoire du premier est de + 54°,3, celui du second de + 53°,5.

L'yohimbate et le québrachate de propyle ont aussi le même point de fusion : 136°-137°. Leur pouvoir rotatoire dans l'alcool éthylique absolu est de + 48°,1 pour le premier, de + 47°,8 pour le second.

Au point de vue physiologique, la dose léthale pour le cobaye est la

---

(1) RAYMOND-HAMET, *Bull. d. sc. pharmacologiques*, 32, 1925, p. 21-27.

même avec le chlorhydrate de yohimbine et le chlorhydrate de québrachine.

Enfin, la québrachine possède comme la yohimbine la propriété que nous avons reconnue à cette dernière [1] de paralyser le système nerveux sympathique.

On est donc en droit de conclure que la yohimbine est réellement identique à la québrachine.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Présence d'un acide gras, non encore observé, dans une huile de poisson.* Note de M. **Henri Marcelet**, présentée par M. C. Matignon.

J'ai séparé par la méthode des sels de plomb les acides gras saturés de l'huile de *Dorosoma nasus* Bloch., et par des cristallisations fractionnées dans l'alcool; j'ai isolé plusieurs variétés d'acides : la plus abondante fond à 55° (acide non encore signalé dans les huiles animales), une autre à 62°,5 (acide palmitique), une autre à 69°,5 (acide stéarique), et enfin une petite quantité fondant à 46°-47° (non signalée).

J'ai fait cristalliser à plusieurs reprises dans l'alcool la portion fondant à 55°, puis plusieurs prises d'essais de 3g environ de cet acide, provenant d'opérations différentes, ont été fractionnées selon la technique de Heintz à l'acétate de baryum. Pour chaque essai, 14 fractions ont été séparées : 12 ont présenté un point de fusion variant entre 54°,5 et 55°,5, et 2 ont donné 60°,2 et 60°,5.

Les fractions fondant à 54°,5-55°,5 ont été mises à recristalliser dans l'alcool. Le point de fusion, après plusieurs cristallisations, est resté invariablement fixé à 55°.

Cet acide se présente en petites aiguilles blanches, groupées en houppes se réunissant parfois en écailles brillantes; il est peu soluble dans l'alcool froid, très soluble dans l'alcool chaud, d'où, par refroidissement, il se dépose. Il est soluble dans le chloroforme, la benzine, l'éther.

L'analyse élémentaire a fourni les résultats suivants :

	1.	2.
Matière	0,2736	0,2573
CO^2	0,7450	0,7100
H^2O	0,3120	0,2955

(1) Raymond-Hamet, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 2074-2077.

soit pour 100 :

	1.	2.
Carbone	74,53	75,25
Hydrogène	12,66	12,76

Le corps correspondant à ces résultats est $C^{17}H^{34}O^{2}$, ayant un poids moléculaire de 270 et contenant théoriquement :

Carbone	75,55 pour 100
Hydrogène	12,59 »

Or les déterminations que j'ai faites confirment ces résultats : l'indice de neutralisation trouvé est 207,39, théorie 207,7; le poids moléculaire calculé d'après l'indice de neutralisation : 270,98, théorie 270; teneur en baryum des fractionnements de la méthode de Heintz : 20,14 pour 100, théorie 20,29; le sel de plomb contient 27,64 de métal au lieu de 27,78; enfin l'éther méthylique fondant à 30° a redonné un acide dont le point de fusion est 55°.

De cet ensemble de résultats j'en ai déduit que l'acide que j'ai retiré de l'huile de *Dorosoma nasus* est un produit défini et non un mélange. Aucun acide gras répondant à sa formule n'ayant été trouvé dans une huile animale, je propose, pour rappeler son origine, de le nommer acide dorosomique.

Ses propriétés et sa formule globale le font beaucoup rapprocher de l'acide daturique découvert par E. Gérard, dans l'huile de semences de *Datura Stramonium*. Ces deux acides ont-ils exactement la même structure? La suite des recherches en cours le fixera peut-être.

Enfin j'attends d'avoir obtenu une certaine quantité de l'acide fondant à 46°-47° pour l'étudier, car ce point de fusion ne correspond à aucun des résultats fournis par les acides saturés isolés jusqu'ici.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Variations comparatives de la teneur du foie et de la rate en eau, acides gras et cholestérol, chez le Cobaye normal et chez le Cobaye soumis à un régime privé de vitamine antiscorbutique.* Note de Mme **L. Randoin** et Mlle **A. Michaux**, présentée par M. E. Leclainche.

Parmi les organes qui subissent de notables variations durant le scorbut aigu, il convient de distinguer les surrénales, le foie et la rate. Nous avons montré, en 1926 (1), que l'absence de vitamine C dans un régime détermine,

(1) Mme L. Randoin et Mlle A. Michaux, *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 1055.

dans les surrénales, une baisse importante de la teneur en cholestérol et, en conséquence, une diminution du coefficient lipocytique $\frac{\text{cholestérol}}{\text{acides gras}} \times 100$, ce rapport représentant, chez l'animal normal, une constante caractéristique d'un tissu donné (A. Mayer et G. Schaeffer, 1913).

Nous avons voulu connaître ensuite les variations que présentent le *foie* et la *rate*, au cours du scorbut, au point de vue de leur teneur en acides gras totaux, en chlolestérol et en eau.

Mouriquand et Leulier ([1]) ont déterminé, en 1925, chez des Cobayes scorbutiques, les teneurs en cholestérol du foie et de la rate pour 100g d'organe frais; ils n'ont pas trouvé de différences sensibles entre ces chiffres et ceux qui sont relatifs aux mêmes organes normaux.

Technique. — Nous avons opéré comparativement avec 66 Cobayes de même sexe (mâle) et d'un poids moyen de 550g, répartis en trois lots :

A. 18 Cobayes ont reçu une ration naturelle complète;

B. 24 Cobayes ont reçu le régime artificiel complet (à base de farine de haricots cuite) que nous avons l'habitude d'utiliser ([2]);

C. 24 Cobayes ont reçu ce même régime, *uniquement privé de vitamine* C, régime qui provoque alors un scorbut aigu typique avec lésions osseuses et hémorragiques et, inévitablement, la mort au bout de 28 à 32 jours.

Le temps de la maladie a été partagé en trois périodes principales :

1° du 1er au 15e jour; 2° du 16e au 25e jour; 3e du 26e au 32e jour.

A intervalles réguliers, nous avons sacrifié, dans chacun des lots, plusieurs Cobayes pour déterminer la teneur du foie et de la rate en *eau*, en *acides gras* (méthode de Kumagawa modifiée) et en *cholestérol* (méthode de Windaus), ainsi que la valeur du *coefficient lipocytique*. Des moyennes générales ont été ensuite établies pour chaque période et pour chaque lot.

Ces moyennes (*exprimées en grammes pour* 100 *d'organe frais ou sec*) sont groupées dans les deux tableaux suivants :

([1]) Mouriquand et Leulier, *C. R. Soc. de Biol.*, 93, 1925, p. 1314.

([2]) Mme L. Randoin, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 5, 1923, p. 806.

DOSAGES DANS LE FOIE.

Jours.	Pour 100g de tissu frais. Cholestérol.	Acides gras.	Eau.	Pour 100g de tissu sec. Cholestérol.	Acides gras.	Coefficient lipocytique.
			Régime naturel.			
1er au 15e....	0,200	1,94	74,62	0,788	7,64	10,31
16e au 25e....	0,200	1,81	73,78	0,763	6,90	11,05
26e au 32e....	0,215	1,98	72,47	0,781	7,19	10,86
			Régime artificiel complet.			
1er au 15e....	0,211	2,11	73,68	0,801	8,01	10,00
16e au 25e....	0,205	2,12	74,04	0,778	8,16	9,53
26e au 32e....	0,220	2,26	73,79	0,839	8,62	9,73
			Régime privé de facteur C.			
1er au 15e....	0,208	2,10	73,70	0,790	7,98	9,89
16e au 25e....	0,243	2,37	74,08	0,937	9,14	10,25
26e au 32e....	0,257	3,00	73,92	0,985	11,50	8,56

DOSAGES DANS LA RATE.

Jours.	Pour 100g de tissu frais. Cholestérol.	Acides gras.	Eau.	Pour 100g de tissu sec. Cholestérol.	Acides gras.	Coefficient lipocytique.
			Régime naturel.			
1er au 15e....	0,380	1,40	78,63	1,778	6,55	27,14
16e au 25e....	0,420	1,32	77,90	1,900	5,97	31,82
26e au 32e....	0,400	1,49	78,34	1,846	6,87	26,87
			Régime artificiel complet.			
1er au 15e....	0,405	1,38	78,20	1,857	6,33	29,33
16e au 25e....	0,385	1,27	78,48	1,789	5,90	30,32
26e au 32e....	0,400	1,42	78,57	1,866	6,62	28,18
			Régime privé de facteur C.			
1er au 15e....	0,412	1,44	78,41	1,908	6,66	28,64
16e au 25e....	0,380	1,33	78,92	1,802	6,30	28,60
26e au 32e....	0,298	1,18	79,08	1,424	5,64	25,24

Conclusions. — I. Chez le Cobaye normal, de poids moyen, le *foie* contient,

en moyenne, $0^g,21$ de cholestérol pour 100^g d'organe frais; il renferme de $1^g,81$ à $2^g,26$ d'acides gras et de $72^g,5$ à $74^g,6$ d'eau pour 100^g.

II. Lorsque le Cobaye ne reçoit pas de vitamine antiscorbutique, le taux du cholestérol semble s'élever quelque peu à la fin de la maladie, mais les variations individuelles sont si importantes qu'il est impossible de conclure. La teneur en acides gras s'accroît nettement, atteignant 3^g pour 100 pendant la dernière période. Le coefficient lipocytique diminue donc à ce moment (voir le tableau).

III. Le poids de la *rate* s'est montré extrêmement variable chez les Cobayes témoins normaux. La rate renferme, en moyenne, $0^g,4$ de cholestérol, $1^g,4$ d'acides gras et $78^g,3$ d'eau pour 100^g de tissu frais.

IV. Durant le scorbut aigu, au bout d'un certain temps, la rate augmente de volume et de poids, ce fait se trouvant vraisemblablement en rapport avec le syndrome hémorragique. Vers la fin, le taux du cholestérol subit une baisse assez nette; parallèlement, la teneur en acides gras diminue légèrement, tandis que la proportion d'eau aurait une tendance à augmenter. De toutes ces variations, — en définitive assez peu accentuées —, il résulte cependant que le coefficient lipocytique est moins élevé que dans le cas des animaux recevant le régime artificiel complet (voir le tableau).

PARASITOLOGIE VÉGÉTALE. — *Importance relative des facteurs divers contribuant à limiter l'extension de la Pyrale du Maïs dans l'Est de la France*. Note de M. **A. Paillot**, présentée par M. P. Marchal.

Nos observations sur l'importance relative des différents facteurs qui contribuent à limiter l'extension de la Pyrale du Maïs ont été faites principalement dans la plaine de la Saône, la Dombe, la vallée du Rhône en amont de Lyon et de la vallée du Grésivaudan en amont de Grenoble. Malgré la diversité des parasites et prédateurs rencontrés, il ne semble pas que l'influence de ces causes naturelles de destruction soit prépondérante. Si les dégâts causés par la Pyrale du Maïs sont relativement peu importants, dans l'Est de la France tout au moins, c'est bien plus à la destruction mécanique des tiges de Maïs qu'on le doit qu'à l'action frénatrice des auxiliaires de tous ordres. Dans la plupart des localités, les champs de Maïs sont très disséminés et ne couvrent qu'une superficie peu étendue; les tiges sont employées en totalité pour l'alimentation du bétail; aussi la proportion des tiges parasitées par la Pyrale est-elle relativement peu élevée; elle est com-

prise en général, pour l'année 1927, entre 10 et 15 pour 100 avec une moyenne de 3 à 4 chenilles par tige. Dans les localités où la culture du Maïs est plus importante, la destruction mécanique des tiges au cours de l'hiver n'est pas toujours complète; aussi les dégâts causés par la Pyrale sont-ils parfois assez importants. Dans certains champs, la proportion des tiges attaquées peut atteindre 70 et même 90 pour 100 avec une densité moyenne de 4 à 5 chenilles par tige.

Parmi les causes naturelles de destruction de la Pyrale du Maïs, le rôle frénateur le plus efficace est joué par les Insectes parasites et les prédateurs. L'influence des microorganismes parasites peut être considérée en effet comme très secondaire. En dehors des chenilles paralysées à la suite de piqûres d'Hyménoptères entomophages et plus ou moins infectées secondairement par des Coccobacilles divers ou des Microcoques, nous n'avons pas observé une seule chenille en état d'infection microbienne bien caractérisée. Les cultures pures des Bactéries trouvées dans les chenilles paralysées, comme celles de Bactéries pathogènes du ver à soie (*Bacillus Sotto* var. française, *Bacillus* sp.), ont pu déterminer dans quelques cas, au laboratoire, des septicémies mortelles, mais dans les essais faits en plein champ, les résultats ont toujours été négatifs.

Les chenilles parasitées naturellement par Champignons sont également excessivement rares, bien que le milieu dans lequel elles vivent en hiver soit le plus souvent saturé d'humidité.

Quant aux Protozoaires parasites (*Perezia pyrausta* Paillot et *Leptomonas pyraustæ* Paillot), bien qu'on les rencontre plus fréquemment que les autres microorganismes, nous ne croyons pas que leur rôle frénateur soit très efficace; toutes les chenilles hibernantes parasitées par *Perezia pyrausta* ont pu se chrysalider en effet normalement et la mortalité due à ce parasite peut être considérée jusqu'ici comme nulle.

Parmi les Insectes parasites, le plus répandu et le plus commun de tous est certainement l'*Eulimneria crassifemur* Thoms.; mais son rôle frénateur est relativement peu important en raison de l'énorme mortalité qui se manifeste sur les œufs et les larves à l'éclosion. La proportion des chenilles de *Pyrausta* détruites par ce parasite dépasse rarement 7 pour 100.

La dispersion du *Microbracon brevicornis* Wesm. est sensiblement moins grande que celle de l'*Eulimneria* et son rôle frénateur est également moins accusé. Nous n'avons observé ce parasite que dans les localités où la culture du Maïs couvre de grandes superficies, en particulier dans les régions de Bletterans et de Pierre-en-Bresse. Dans certains champs, la proportion des

chenilles parasitées ou paralysées à la suite de piqûres dépasse parfois le taux de 10 pour 100; mais le plus souvent, elle est inférieure à 5 pour 100; d'une manière générale, le taux de parasitisme du *Microbracon* est beaucoup plus variable que celui de l'*Eulimneria*.

Les Tachinaires parasites ont été observées principalement dans la vallée du Rhône; une seule espèce a été isolée : *Zenillia roseanæ* B. et B.; la proportion des chenilles parasitées était des plus variable; elle dépassait 10 pour 100 en certains cas. Coïncidence curieuse, dans les champs où les Tachinaires étaient plus particulièrement abondantes, on ne rencontrait pour ainsi dire pas d'*Eulimneria*.

Le rôle frénateur des Insectes prédateurs est peu important comparativement à celui des Insectes parasites. Nous devons signaler cependant le rôle que peuvent jouer les larves d'Hémérobes et les Fourmis. Les premières s'attaquent aux chenilles en cours de développement larvaire; nous en avons observé en août dont les crochets étaient encore implantés dans le corps de chenilles en place dans leur galerie. Les Fourmis s'attaquent de même aux chenilles dans leur galerie; mais leur rôle utile est surtout marqué pendant les mois d'hiver et au printemps alors que les tiges de Maïs sont entassées; on les rencontre en assez grand nombre à l'intérieur même des tiges et nous en avons observé fréquemment qui se nourrissaient de chenilles hibernantes.

MÉDECINE. — *Neurones virulents et canaux excréteurs des glandes salivaires.* Note de MM. **Y. Manouélian** et **J. Viala**, présentée par M. Roux.

Dans des Notes précédentes, nous avions relaté que dans la rage la virulence des sécrétions et des organes est d'origine nerveuse. Les cellules parenchymateuses des tissus et des organes ne sont pas infectées par le microbe de la rage. Mais de même que dans le système cérébro-spinal, dans les centres nerveux sympathiques la virulence est due aux neurones parasités, de même les tissus, les glandes sont virulents parce qu'ils contiennent des cellules *de même nature* que celles des centres nerveux, parce qu'ils contiennent des cellules nerveuses parasitées.

A la lumière de ces faits, des expériences anciennes s'interprètent d'une façon claire, inattendue. Nous avons exposé déjà des considérations sur ce

(1) *C. R. Soc. Biol.*, 55, 1903, p. 91.

sujet. Dans cette Note, nous rappellerons les expériences de Rabiaux (¹), et nous verrons que, si averti qu'on fût, les faits révélés par le microscope dépassent toutes les prévisions.

Afin d'éprouver la virulence de la salive sous-maxillaire au cours de la rage, Rabieaux a « recueilli directement et purement la salive par une fistule du canal de Wharton,... La virulence du produit recueilli était éprouvée par l'inoculation intra-cranienne ou intra-oculaire au lapin. Ces recherches ont porté sur des chiens en pleine évolution rabique (7 chiens), et chez quelques-uns (5 chiens) avant l'apparition des symptômes de la maladie. Chez les chiens enragés la virulence de la salive sous-maxillaire a été constamment observée, elle a été constatée quatre fois sur cinq essais sur des chiens inoculés de rage, et cela 4 à 5 jours avant l'apparition des symptômes rabiformes. Cette dernière constatation confirme pleinement les résultats obtenus par MM. Nocard et Roux avec la salive mixte. »

Voici comment nous interprétons les expériences de Rabieaux.

Rappelons d'abord que le canal de Wharton comme les canaux excréteurs des autres glandes salivaires présente une paroi externe de fibres conjonctivo-élastiques sur laquelle est implanté un épithélium. Celui-ci, constitué par deux rangées de cellules cylindriques, limite une lumière d'où s'écoule la salive. Entre cet épithélium et la paroi externe se trouvent des vaisseaux, des nerfs et des *ganglions nerveux*. Ces ganglions, dont quelques-uns sont visibles à l'œil nu, sont de vrais centres nerveux périphériques; ils contiennent des cellules nerveuses analogues à celles des ganglions sympathiques centraux.

Faisons remarquer aussi que chez les chiens dès le début de la rage et même avant l'apparition des symptômes, ces cellules sont parasitées (¹). On comprend alors qu'une légère atteinte de la paroi interne du canal de Wharton, mettant à nu les neurones infectés, permettrait aux parasites de passer dans la salive. A plus forte raison un traumatisme à ce niveau provoquerait à coup sûr l'issue d'un grand nombre de germes. Il est évident pour nous que dans les expériences de Rabieaux, la virulence de la salive était due surtout aux lésions du canal de Wharton. L'opération d'une fistule détermine en effet des lésions; déjà la blessure de la muqueuse du plancher

---

(¹) Notons que dans la rage ces ganglions présentent, au même degré que les ganglions cérébro-spinaux et sympathiques, des lésions considérables : destruction des cellules nerveuses et leur remplacement par des cellules néoformées.

de la bouche peut libérer des parasites. Mais, à la suite du cathétérisme du canal, les parasites échappés des cellules nerveuses traumatisées contamineraient la salive. La virulence de la salive sous-maxillaire dans les expériences de Rabieaux est donc d'origine nerveuse.

MÉDECINE. — *De l'étiologie de la scarlatine.*
Note de M. **S. I. Zlatogoroff**, présentée par M. Roux.

Avec mes collaborateurs j'ai indiqué que la théorie du virus filtrant scarlatineux se confirme par des expériences sur les lapins et les singes ([1]).

Dernièrement nous avons obtenu, avec la collaboration de Mme Palante et de M. Fessenko, des résultats qui nous fournissent des preuves nouvelles en faveur de cette théorie. Nous savons que le virus obtenu après filtration du mucus lingual et buccal prélevé chez des scarlatineux ne contient pas de streptocoques. Ce filtrat exerce une action particulière sur le streptocoque, si bien que ce dernier, non toxique au début, acquiert des propriétés toxiques; de plus, sous l'influence du filtrat, il se comporte autrement au point de vue de l'agglutination et de la réaction de Bordet-Gengou. A cet effet, il suffit de mettre en contact les streptocoques non toxiques (par exemple *Str. viridans*) et non agglutinables par sérum homologue avec le filtrat pour que, au bout de deux ou trois jours de contact, leurs caractères changent sensiblement.

D'autre part, dans le sérum des lapins injectés avec le filtrat en question, les nouvelles propriétés apparaissent : le sérum commence à agglutiner les streptocoques hémolytiques de la scarlatine.

Ces faits nous montrent que le filtrat réactive les streptocoques et produit des changements caractéristiques dans l'organisme de l'animal inoculé.

Nos observations sur des sujets humains confirment cette dernière supposition. L'injection intradermique du filtrat aux malades atteints de scarlatine, à différents stades de la maladie, produit une réaction allergique.

Des injections de filtrat faites à 628 jeunes enfants sains, sous la peau, en vue de l'immunisation, a provoqué chez 36 d'entre eux une hypérémie de la cavité buccale au niveau de l'isthme du gosier. Il a été fait quatre injections : les trois premières ont été faites avec du filtrat chauffé à 60° (1 heure); la quatrième avec du filtrat non chauffé, préparé depuis trois semaines. Il

([1]) Zlatogoroff, Kondriavzewa et Palante, *C. R. Soc. Biol.*, 96, 1927, p. 1220.

est clair que le filtrat se trouve en rapport étroit avec la maladie et possède une affinité pour la muqueuse buccale où il est absorbé.

Jusqu'à ces derniers temps l'existence des « diploformes » que nous avons observés dans les cultures de filtrat, faites en anaérobie, a été mise en doute en raison de la présence simultanée des débris des cellules. Ces diploformes rappellent celles obtenues par Di-Cristina, Caronia et Sindoni.

A l'heure actuelle nous avons réussi à cultiver cet organisme sur les milieux solides (gélose additionnée de sang humain) dans les conditions d'une anaérobiose stricte. Il se présente sous forme de granulations Gram positives de $0^{\mu},1$ et $0^{\mu},2$ qui passent à travers le filtre L5. Ayant ainsi obtenu la culture sur milieux solides, la nature vivante de ces formations ne nous semble pas être contestable. Nous estimons que la culture que nous avons obtenue et que le virus filtrant sont divers stades de développement du même organisme, étant donné que l'on obtient la culture uniquement lorsqu'on ensemence le milieu avec le virus filtrant non chauffé; les propriétés biologiques de la culture et du filtrat sont très semblables ; le filtrat ainsi que la forme visible provoquent chez les animaux l'infection inapparente du type de la scarlatine expérimentale. La théorie des virus filtrants considérés comme agent prédominant de la scarlatine reçoit de la sorte une confirmation nouvelle; en même temps elle réserve aux streptocoques une place considérable dans la pathogénie sans que ceux-ci jouent un rôle dans l'étiologie de cette maladie.

M. **A. L. Tchijevsky** adresse une Note intitulée *Influence des oscillations diurnes et mensuelles de l'activité solaire sur la modification de l'excitation nerveuse.*

La séance est levée à 16^{h}.

E. P.

ERRATA.

(Séance du 21 mai 1928.)

Note de M. W. A. *Tartakowsky*, La détermination de la totalité des nombres représentables par une forme quadratique positive à plus de quatre variables :

Page 1401 (*passim*), *au lieu de* $\gamma(F_1\nu)$, *lire* $\gamma(F,\nu)$.
Page 1402 (*passim*), *au lieu de* $x_p(F, \nu)$, *lire* $\chi_p(F, \nu)$.
Page 1403, ligne 2, *au lieu de*

$$\lambda(p) = U_3(p) + \gamma_3(p) + \delta(p),$$

lire

$$\lambda(p) = U_5(p) + \gamma_5(p) + \delta(p);$$

ligne 16, *au lieu de*

$$F(x_1 x_2 x_3) \quad \textit{dans le cas de } s \leqq 5,$$

lire

$$F(x_1 x_2 \ldots x_s) \textit{ dans le cas de } s \geqq 5.$$

(Séance du 4 juin 1928.)

Note de M. *Michel Broszko*, Sur le flambage des barres prismatiques comprimées axialement :

Page 1586, Errata, formule (4), *au lieu de* l, *lire* l_0.

(Séance du 18 juin 1928.)

Note de Mlle *Sophie Piccard* et M. *D. Mirimanoff*, Sur les courbes binomiales :

Page 1687, ligne 2 en remontant, *au lieu de* $l = s^k$, *lire* $\lambda = s^k$.

Page 1688, ligne 3, *au lieu de* $\sigma\sqrt{spq}$, *lire* $\sigma = \sqrt{spq}$; ligne 7, *au lieu de* $\tau = \frac{l}{\sigma\sqrt{2}}$, *lire* $\tau = \frac{\lambda}{\sigma\sqrt{2}}$.

(Séance du 2 juillet 1928.)

Note de M. *Edmond Rouelle*, Sur une nouvelle catégorie de multiplicateurs de fréquence ferro-magnétiques :

Page 40, note (1), *au lieu de* p. 337 et 378, *lire* p. 377 et 378.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

PUBLICATIONS PÉRIODIQUES REÇUES PENDANT L'ANNÉE 1927 (*suite*).

Rendiconto delle Tornate et dei lavori dell'Accademia di archeologia, lettere e belle arti. Napoli.
Report of His Majesty's Astronomer at the Cape of Good Hope to the Secretary of the Admiralty. Le Cap.
Report of the Aeronautical Research Institute. Tokio.
Report of the Astronomer Royal to the Board of visitors. Greenwich.
Report of the Department of Mines. Ottawa.
Report of the Director of the Royal Observatory. Hongkong.
Report of the National Research Council. Washington.
Report of the New-York Meteorological Observatory. New-York.
Report of the United-States National Museum. Washington.
Report on the Zoological Survey of India. Calcutta.
Reports on Mars. Mandeville (Jamaïque).
Résultats des campagnes scientifiques..., par *Albert Ier*. Monaco.
Results of Magnetical and Meteorological Observations. Port-Louis.
Results of Meteorological Observations made at the Radcliffe Observatory. Oxford.
Revista argentina de neurologia, psiquiatria y medicina legal. Buenos-Aires.
Revista de agricultura. Sao Paulo.
Revista de agricultura, comercio y trabajo. Habana.
Revista de la Facultad de agronomia y veterinaria. Buenos-Aires.
Revista de la real Academia de Ciencias. Madrid.

(*A suivre.*)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MARDI 17 JUILLET 1928.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE HAMY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Lusin**, professeur à l'Université de Moscou, qui assiste à la séance.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Autoxydation et action antioxygène. Propriétés catalytiques des composés phosphorés.* Note (1) de MM. **Charles Moureu**, **Charles Dufraisse** et **Marius Badoche**.

Du point de vue de notre théorie générale de l'action antioxygène, qui relie la propriété catalytique à l'oxydabilité, les composés du phosphore, en raison des nombreux degrés d'oxydation de cet élément, présentaient un intérêt tout particulier.

Les catalyseurs ont été essayés à une dose voisine de 1 pour 100.

Halogénures de phosphore. — Le trichlorure et l'oxychlorure, le tribromure et l'oxybromure, se montrent, en général, prooxygènes vis-à-vis de l'essence de térébenthine et du styrolène et antioxygènes vis-à-vis des aldéhydes. Mais ces corps sont des catalyseurs énergiques de polymérisation pour les hydrocarbures comme pour les aldéhydes, et ce phénomène masque souvent leur action antioxygène.

Citons, comme exemple d'action catalytique vis-à-vis de l'autoxydation, le cas de l'oxybromure de phosphore opposé au styrolène, *dont la vitesse*

(1) Séance du 25 juin 1928.

d'oxydation est plus que centuplée. Le même corps, opposé à l'aldéhyde benzoïque, en a pratiquement empêché l'autoxydation pendant 47 jours.

Le tribromure est très actif comme antioxygène (et déjà à la dose de 1 pour 1000) vis-à-vis de l'aldéhyde benzoïque.

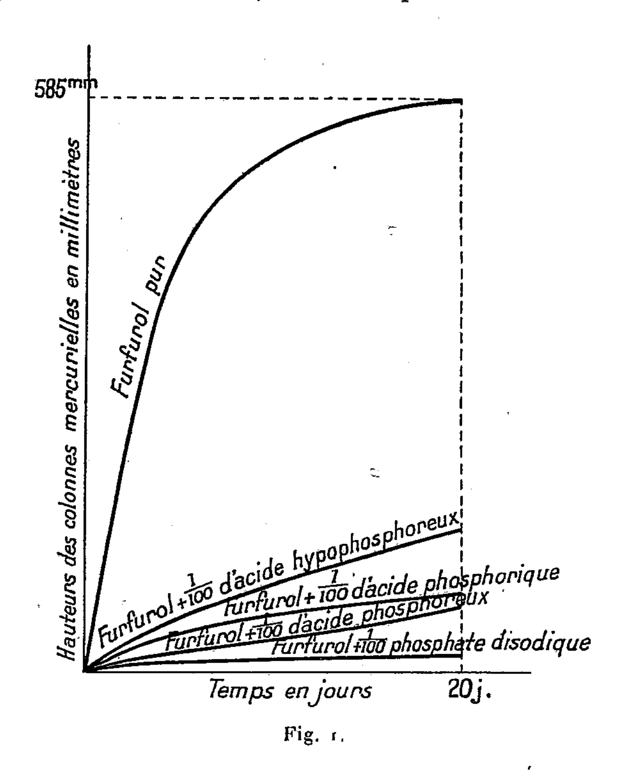


Fig. 1.

Acide hypophosphoreux. — Bon antioxygène vis-à-vis de l'essence de térébenthine, moins actif vis-à-vis du furfurol et de l'aldéhyde benzoïque.

Les hypophosphites se montrent également actifs dans certains cas. Par exemple, l'hypophosphite de baryum ralentit notablement l'autoxydation de l'aldéhyde benzoïque, et il en est de même de l'hypophosphite de sodium opposé au sulfite disodique en liqueur légèrement alcaline.

Acide phosphoreux. — Bon antioxygène vis-à-vis du furfurol. Le phosphite disodique ralentit notablement l'autoxydation de l'aldéhyde benzoïque.

Acide phosphorique. — Bon antioxygène vis-à-vis du furfurol (234 jours d'observation). Il ralentit l'autoxydation de l'aldéhyde benzoïque et, tout au moins dans les premiers temps, celle du styrolène, lequel s'oxyde ensuite notablement plus vite que le témoin. Le phosphate disodique est un très bon antioxygène pour le furfurol (234 jours d'observation). Il

ralentit nettement l'autoxydation du sulfite disodique en solution légèrement alcaline (¹).

Phosphines. — Les phosphines tertiaires sont, en principe, de bons antioxygènes. La diméthylphénylphosphine, la diéthylphénylphosphine, la

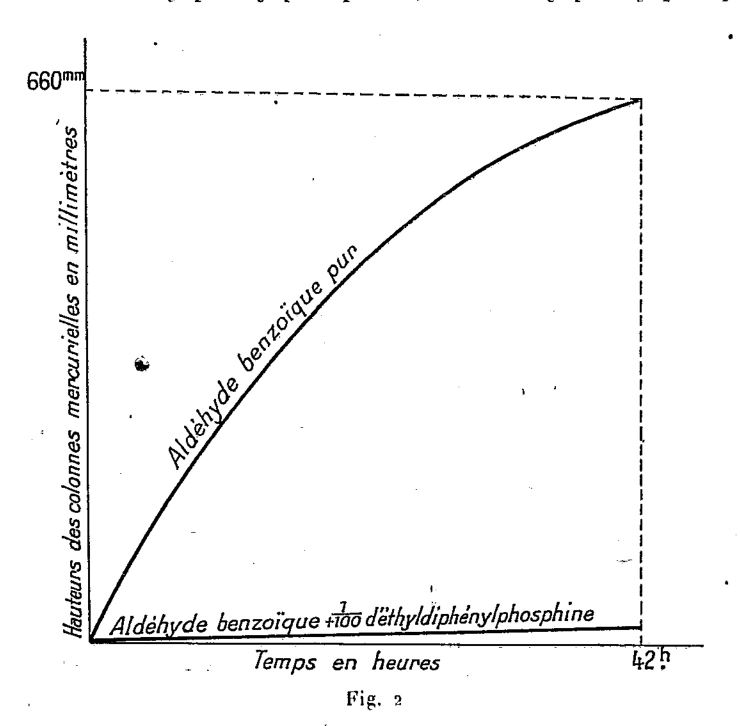


Fig. 2

méthyldiphénylphosphine, l'éthyldiphénylphosphine, protègent bien l'aldéhyde benzoïque, le furfurol, le styrolène. La diméthylphénylphosphine et la méthyldiphénylphosphine ralentissent considérablement l'oxydation du sulfite disodique en solution acide comme en solution alcaline. La triphénylphosphine se montre, en général, moins active; toutefois, elle constitue un bon antioxygène vis-à-vis de l'essence de térébentine.

Les phosphines primaires et secondaires sont beaucoup moins actives. La phénylphosphine et la diphénylphosphine n'ont ralenti que fort peu l'oxydation de l'aldéhyde benzoïque; l'une et l'autre accélèrent notablement (coefficient 7 avec la diphénylphosphine) l'oxydation du styrolène.

(¹) Les éthers phosphoriques paraissent être moins actifs.
S. Sakuma (*Bioch. Zeitsch.*, 68, 1923, p. 142, d'après *Chem abstr.*) a signalé que les pyrophosphates sont empêchants vis-à-vis de l'autoxydation de la cystéine.

Le sulfure de diéthylphénylphosphine $PS(C^2H^5)^2(C^6H^5)$ est un bon antioxygène vis-à-vis de l'aldéhyde benzoïque et du furfurol.

Considérations générales. — *a.* Parmi les observations qui viennent d'être résumées, nous croyons devoir appeler spécialement l'attention sur les résultats obtenus avec l'acide phosphorique et ses dérivés. On pourrait être surpris de trouver chez ces corps des propriétés catalytiques, si l'on oubliait qu'ils ne représentent pas le degré ultime d'oxydation du phosphore (¹) : il ne peut donc y avoir aucune difficulté à admettre que l'acide phosphorique est peroxydable au sens requis par notre théorie.

Nous saisirons volontiers la présente occasion pour rappeler l'opinion, sur laquelle nous avons maintes fois déjà insisté, que l'oxydabilité requise pour qu'une substance puisse être catalyseur d'autoxydation (peroxydation par le peroxyde primaire $A[O^2]$ à potentiel d'oxydation très élevé) est une condition fort peu limitative et que, en réalité, la plupart des corps doivent éventuellement pouvoir fonctionner comme catalyseurs d'autoxydation (négatifs ou positifs), seules les conditions expérimentales dans lesquelles ils manifestent cette propriété étant variables des uns aux autres (²). C'est ainsi que l'activité de l'acide phosphorique ou des phosphates est très intense vis-à-vis du furfurol, notable vis-à-vis du sulfite disodique, faible vis-à-vis de l'aldéhyde benzoïque et du styrolène, tandis qu'elle a paru sensiblement nulle vis-à-vis d'autres matières. Nous nous sommes d'ailleurs assurés que les actions observées étaient bien propres à l'acide phosphorique, et non à l'un des produits inférieurs d'oxydation du phosphore dont il aurait pu être souillé : on a chaque fois vérifié que le pouvoir réducteur de l'acide mis en œuvre était négligeable, et, de plus, nous avons, pour des expériences de contrôle, préparé spécialement l'acide soit par hydratation de l'anhydride (dont on avait vérifié l'absence de pouvoir réducteur), soit, surtout, par hydrolyse de l'oxychlorure très soigneusement rectifié.

b. Étant donnée la grande importance qui a été mise en évidence de traces d'eau pour beaucoup de réactions, certains auteurs se sont préoccupés de savoir si ces mêmes traces n'étaient pas également indispensables

(¹) On connaît deux degrés d'oxydation du phosphore supérieurs à celui qui correspond à l'acide phosphorique : on a préparé, en effet, un acide perphosphorique et un acide monoperphosphorique, qui ont fait l'objet d'intéressantes études (Fichter).

(²) Nous rappelons que l'oxygène O^2 lui-même est peroxydable dans les conditions de certaines autoxydations et peut alors fonctionner comme antioxygène [ex. : autoxydation du phosphore, qui peut peroxyder l'oxygène (formation de O^3) et qui est entravée par une concentration trop grande en oxygène].

pour l'autoxydation, et, à cet effet, ils ont préparé des substances autoxydables « ultra-sèches », en vue de rechercher si dans cet état elles étaient encore capables d'absorber l'oxygène libre. Nos observations montrent combien il sera difficile de faire la preuve de cette action de l'eau. On s'en rend tout d'abord compte pour le cas le plus fréquent, où l'on emploie comme matière « ultra-desséchante » l'anhydride phosphorique, lequel, comme nous venons de le voir, peut être suspecté d'exercer dans les expériences dont il s'agit une action antioxygène propre, et absolument indépendante de son action desséchante, puisqu'il peut la produire à l'état hydraté ($P^2O^5 \rightarrow PO^4H^3$), à l'état de phosphate disodique et même à l'état de phosphate disodique en solution aqueuse (phosphate disodique agissant sur la solution aqueuse de sulfite disodique). La même remarque peut être faite au sujet des autres réactifs desséchants que l'on est susceptible d'employer. Nous croyons d'ailleurs devoir faire observer que, même quand on a distillé le produit après l'action du réactif desséchant, il pourra y avoir à redouter la présence d'impuretés perturbatrices dues à l'action à chaud du produit que l'on aura distillé sur l'agent de dessiccation.

c. Le phosphate d'ammonium est employé comme ignifuge. Étant donnée la netteté des actions antioxygènes que, déjà à froid, l'acide phosphorique a manifestées dans nos expériences, il n'est pas déraisonnable de supposer qu'une action analogue puisse s'exercer ici : le pouvoir ignifuge du phosphate d'ammonium pourrait être dû à une action antioxygène de son produit de pyrogénation, l'acide métaphosphorique, sur les matières en ignition.

d. Les expériences relatées plus haut montrent que la présence de phosphates n'est pas négligeable vis-à-vis des phénomènes d'autoxydation dans les milieux naturels ou artificiels.

MICROBIOLOGIE DU SOL. — *Sur l'application agronomique d'une épreuve microbiologique*. Note [1] de M. S. **Winogradsky**.

L'idée de se servir de la culture microbienne pour déceler la présence dans le sol de certains amendements ou engrais n'est pas neuve. Elle a été développée surtout par M. Christensen [2] qui se servait des cultures de l'*Azotobacter* pour ce but [2]. Sensible à une réaction acide, même

[1] Séance du 9 juillet 1928.

[2] Harald Christensen, *Studien über den Einfluss der Bodenbeschaffenheit auf das Backterienleben, etc.* (*Centralbl. f. Bakt.*, 43, II, 1915, p. 1-166).

très faible, sa pullulation est favorisée par la chaux; elle réclame de l'acide phosphorique soluble, au même titre que les microbes et les plantes en général; le développement vigoureux du microbe dans le sol est donc bien susceptible d'indiquer la présence de ces éléments fertilisants, alors qu'au contraire le refus de pulluler est une preuve de leur absence.

Ainsi conçue, l'épreuve de l'*Azotobacter*, ou *Azotobacter-test* (*Azotobacter-probe* des auteurs allemands), n'était pourtant jamais basée sur la culture de ce microbe dans son milieu naturel, mais uniquement sur sa culture dans une solution de mannite (pourvue de sels minéraux nécessaires, mais sans azote), additionnée de l'échantillon de terre soumis à l'épreuve, à raison de 10 pour 100. S'agissait-il de chaux, on en privait le liquide artificiel, de sorte que l'*Azotobacter* qu'on y ensemençait était réduit à la chaux que contenaient les 5 grammes de la terre ajoutée : une culture prospère devait indiquer que l'échantillon en est suffisamment pourvu, une culture faible ou nulle le contraire. S'il s'agissait d'acide phosphorique, c'est le phosphate qu'on supprimait, et c'est alors sa présence à l'état soluble ou son absence dans la terre qu'indiquait le résultat de la culture.

La méthode prête beaucoup à la critique pour la raison évidente que les conditions de développement dans ce milieu artificiel ne sont guère comparables à celles du milieu naturel. Dans le premier, le microbe est forcé de subir notamment : 1° une aération bien insuffisante; 2° la concurrence des anaérobies, producteurs d'acide gras, qui envahissent rapidement le liquide en le saturant d'acide carbonique; enfin 3° la pullulation massive des protozoaires qui le dévorent; tandis que dans son milieu naturel il est bien à l'abri de ces agents déprimants ou le décimant. La réaction du microbe, et partant sa faculté de servir d'indicateur, ne peuvent donc être identiques dans les deux cas.

On ne peut nier, tout de même, un certain parallélisme entre la culture spontanée et la culture artificielle, et c'est grâce à lui que l'*Azotobacter-test*, mis en œuvre sous forme d'enquête sur un grand nombre d'échantillons de terre, a pu donner des résultats se rapprochant de la réalité. Ainsi, d'après Christensen [1], le savant danois qui a étudié un nombre considérable de terres danoises au point de vue de leur besoin en chaux, l'épreuve microbiologique aurait été d'accord avec la réalité dans 90 pour 100 des échantil-

---

[1] *Untersuchungen über einige neuere Methoden zur Bestimmung der Reaktion und der Kalkbedürfnisses des Erdbodens* (*Intern. Mitt. Bodenk.*, 13, 1923, p. 111-146).

lons éprouvés. Niklas, qui a exécuté avec ses collaborateurs une très large enquête sur le besoin en acide phosphorique des terres de Bavière, conclut que la correspondance entre les données de cette épreuve et les expériences dans les champs serait « satisfaisante », ou en chiffres : avec 70 pour 100 des échantillons l'accord était bon, avec 14,5 moins bon, enfin avec 15,5 pour 100 franchement mauvais ([1]).

Même en acceptant le taux de 10 à 15 pour 100 d'erreur, — qui nous paraît plutôt inférieur à la réalité —, il est clair que le procédé ne saurait être appliqué dans la pratique des analyses du sol. Autrement dit, l'*Azotobacter-test* sous sa forme actuelle n'a quelque valeur qu'en qualité d'une épreuve sommaire, ou d'orientation, mais non en qualité d'une épreuve individuelle, au même titre qu'une analyse chimique.

Pour que l'épreuve microbiologique puisse prétendre à un degré d'exactitude suffisant pour son emploi courant, elle doit être nécessairement directe, dans le même sens qu'une expérience de végétation en pots ou dans les champs.

Rien n'est plus facile que de répondre à cette exigence depuis qu'on sait qu'il suffit d'ajouter à la terre une petite dose de substance hydrocarbonée — mannite, glucose, amidon, etc. — pour provoquer une culture spontanée des *Azotobacters*, facile à apprécier au moyen de l'examen microscopique ou bien à l'œil nu. Pour la pratique c'est la *méthode des plaques de terre moulée* qui est préférable, n'exigeant pas d'examen microscopique ([2]).

Rappelons le procédé, décrit en détail dans les Mémoires cités.

On incorpore à de la terre fine de l'amidon pulvérisé à raison de 3-5 pour 100, si la terre est lourde, de la mannite pure à la dose de 1 pour 100, avec en plus 20 pour 100 de *kaolin lavé médicinal en poudre*, si la terre est légère. On divise en trois portions dont l'une, marquée 0 (zéro), est travaillée en pâte épaisse avec un peu d'eau distillée; la seconde, marquée Ca, de même, mais après addition de 2 à 3 pour 100 de carbonate de chaux; enfin, la troisième est rendue pâteuse au moyen d'une solution à 1 pour 1000 de phosphate mono- et bisodique donnant un pH égal à 7,0-7,1. Les pâtes sont pressées dans de petites soucoupes Petri de 4 à 6^{cm} de diamètre jusqu'à

([1]) H. Niklas und A. Hock, *Die biochemische Azotobaktermethode zur Prüfung der Phosphorbedürftigkeit der Böden* (*Die Ernährung der Pflanze*, 19, 1927, p. 297-300).

([2]) Voir *Études sur la Microbiologie du sol : II. Sur les microbes fixateurs d'azote* (*Ann. Inst. Pasteur*, 40, 1926, p. 455-520); III, *Sur le pouvoir fixateur des terres* (*Ibid.*, 42, 1927, p. 36-62).

les remplir entièrement. On polit enfin la surface de ces plaques, ou pastilles, au moyen d'une lame de verre humectée d'eau.

Au bout de 48 heures à 30°, on constate sur leur surface une éruption de colonies d'*Azotobacter* bien visibles à l'œil nu, plus ou moins nombreuses selon la densité des germes dans l'échantillon donné.

Trois cas pourront se présenter :

1° Les trois plaques sont parsemées de colonies sans présenter des différences : la terre est bien pourvue de chaux et d'acide phosphorique.

2° La plaque o est vide de colonies, P également, on n'en trouve que sur Ca : la terre manque de chaux ou de basicité, en général.

3° Pas de colonies sur o, ni sur Ca, il n'y en a que sur P : déficit en acide phosphorique.

On trouve des photogrammes très démonstratifs de l'aspect de ces plaques dans le troisième des Mémoires cités.

Les différences ne sont pas toujours si tranchées que l'on y voit; pourtant, même graduées, elles permettent de reconnaître s'il y a déficit en chaux ou en acide phosphorique.

En ce qui concerne le premier, l'épreuve microbiologique a surtout de l'importance quand il s'agit de décider si le chaulage ou le marnage d'une terre n'accusant plus de calcaire au calcimètre est à entreprendre aussitôt possible, ou s'il peut être encore différé.

Quant à l'acide phosphorique, on sait que l'incertitude qui règne sur la valeur des méthodes chimiques pour apprécier l'assimilabilité de ses diverses combinaisons dans le sol fait tendre de plus en plus les idées vers l'adoption d'une méthode biologique. L'une des plus parfaites paraît être celle de Neubauer (¹) qui consiste à épuiser 100^g d'un sol donné par un semis de seigle et de doser dans les plantules récoltées au bout de 18 jours l'acide phosphorique assimilé. Elle exige pourtant trop de travail et de temps pour devenir une méthode courante. En tout cas, elle ne supporte aucune comparaison sous le rapport de la rapidité avec l'épreuve microbiologique que nous proposons, dont la manipulation, d'une simplicité élémentaire, ne prend qu'une quinzaine de minutes et qui répond déjà au bout de 48 heures aux questions posées.

Remarquons encore que l'*Azotobacter* jouit bien à tort de la réputation

(¹) NEUBAUER et SCHNEIDER, *Die Nährstoffaufnahme der Keimpflanzen und ihre Anwendung auf die Bestimmung des Nährstoffgehaltes der Böden* (*Z. f. Pfl. u. Düngg.*, A, 1923, p. 329).

d'un microbe exigeant par rapport à son approvisionnement en acide phosphorique; d'après nos expériences, il est au contraire extrêmement résistant à l'inanition phosphorée, au point que l'on constate des pullulations notables avec fixation d'azote dans des milieux ne contenant que des traces indosables d'acide phosphorique. Si donc il se refuse de pulluler dans son milieu sans addition de phosphate, on peut être certain que le déficit en cet aliment minéral est bien grave et que l'application d'un engrais phosphaté est des plus urgentes.

Bien entendu, la méthode telle quelle n'est applicable qu'à des terres non dépourvues de germes *Azotobacter*. Ceux-ci font défaut régulièrement dans les terres acides, dont le besoin en chaux est bien apparent. Voudrait-on éprouver leur besoin en acide phosphorique, il n'y aurait qu'à recourir à l'ensemencement de l'échantillon avec une culture d'*Azotobacter*, après avoir incorporé à la terre du carbonate de chaux.

On tiendra compte, d'autre part, du fait qu'un régime intense de fumure azotée tend à réduire la densité des germes de ce fixateur dans le sol jusqu'à une valeur bien faible.

Mais, malgré ces limitations, la méthode est susceptible de fournir à l'agriculture dans la grande majorité des cas des renseignements intéressants, et cela au prix d'un minimum rare de temps et d'efforts dépensés.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

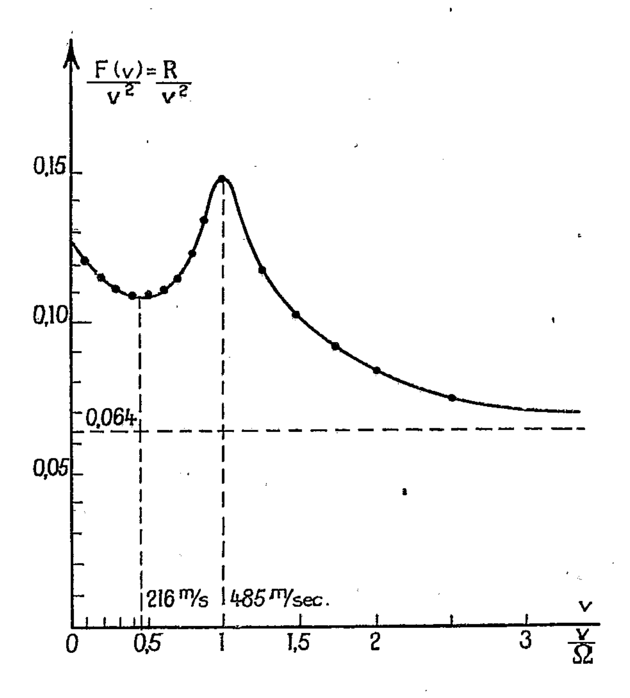
Les Caféiers du Globe. Fascicule I, *Généralités sur les Caféiers*, par Aug. Chevalier. (Présenté par M. H. Lecomte.)

HYDRODYNAMIQUE. — *Une interprétation théorique de la courbe balistique expérimentale* $\frac{F(v)}{v^2}$. Note (¹) de M. S. **Drzewiecki**, présentée par M. Hadamard.

Admettant, conformément à la théorie cinétique des gaz, une distribution isotrope des vitesses moléculaires et, pour chaque gaz, une moyenne quadra-

(¹) Séance du 9 juillet 1928.

tique constante de ces vitesses, il est possible de représenter géométriquement l'unité de masse d'un gaz par une sphère représentative de rayon $\overline{\Omega}$ (moyenne quadratique des vitesses moléculaires), sur la surface de laquelle N molécules de masse m se trouveraient uniformément réparties, N étant le



nombre d'Avogadro. Dans ces conditions, on trouve que la pression statique d'un gaz peut s'exprimer par le moment d'inertie de la surface hémisphérique, pris par rapport au plan équatorial : $P_s = \frac{1}{3} m N \overline{\Omega}^2$.

Dans le cas d'une pression dynamique exercée sur une paroi avançant normalement dans une masse gazeuse avec une vitesse V, il est facile de montrer qu'en composant des forces vives moléculaires avec celles dues à la translation, on trouve : $P_d = P_s\left(1 + \frac{3}{2}\frac{v^2}{\Omega^2}\right)$, expression conforme à celle de Bernoulli. Toutefois cette expression n'est admissible que pour de faibles valeurs de la vitesse V, pour la raison que le nombre de molécules actives $\frac{N}{2}$ augmente avec la vitesse V, car une partie des molécules qui fuyaient devant la paroi au repos, sont rattrapées par celle-ci lorqu'elle est en mouvement.

Cette augmentation de la masse active cesse lorsque toutes les molécules

N sont entrées en jeu, c'est-à-dire pour $V = \overline{\Omega}$. En tenant compte de cette augmentation, l'expression de la pression dynamique deviendra

$$P_V = P_3\left(1 + \frac{3}{2}\frac{V^2}{\Omega^2} + \frac{V^4}{\Omega^4}\right) \qquad \text{pour } V \geqq \overline{\Omega}$$

et

$$P_V = P_3\left(2 + \frac{3}{2}\frac{V^2}{\Omega^2}\right) \qquad \text{pour } V \geqq \overline{\Omega}.$$

Elle diffère notablement de celle de Bernoulli.

Faisant un raisonnement analogue pour la pression exercée sur la face arrière d'une paroi se déplaçant normalement dans une masse gazeuse, en tenant compte de la composition des forces vives et de la variation du nombre des molécules actives, on trouve pour l'expression de la pression arrière

$$P_{\mathcal{R}} = P_s\left(1 - \frac{3}{2}\frac{V^2}{\Omega^2} + \frac{3}{2}\frac{V^3}{\Omega^3} + \frac{1}{2}\frac{V^4}{\Omega^4} - \frac{3}{2}\frac{V^5}{\Omega^5}\right),$$

qui s'annule pour $\frac{V}{\Omega} = 1$. Dans ces conditions la résistance R à l'avancement de cette paroi, différence entre les pressions avant et arrière, deviendra

$$R = P_3\left(3\frac{V^2}{\Omega^2} - \frac{3}{2}\frac{V^3}{\Omega^3} + \frac{1}{2}\frac{V^4}{\Omega^4} + \frac{V^5}{\Omega^5}\right),$$

jusqu'à $\frac{V}{\Omega} = 1$ et ensuite

$$R = P_s\left(2 + \frac{3}{2}\frac{V^2}{\Omega^2}\right) = P_V.$$

Divisant cette valeur par V^2 on trouve la fonction balistique $\frac{F(V)}{V^2}$ dont la courbe représentative déduite de l'expérience n'a pas jusqu'ici trouvé d'explication. On peut voir que la courbe théorique et la courbe expérimentale concordent d'une façon remarquable, *surtout pour les abscisses du maximum et du minimum, qui tombent aux mêmes points*. Il est bien évident que l'influence des pertes marginales ne permet pas à ces deux courbes de coïncider.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Sur une nouvelle méthode de spectrographie par les rayons X. Application à l'étude de l'orientation des acides gras par le mercure.* Note (1) de M. **Jean-J. Trillat**, présentée par M. M. de Broglie.

I. *Principe de la méthode.* — Les nombreux travaux effectués ces dernières années sur l'orientation des corps organiques à longue chaîne ont montré qu'il était d'un grand intérêt de pouvoir étudier les régions de séparation entre ces corps et les surfaces qui les orientent (verre-métal-eau etc.); dans la plupart des cas, la méthode du cristal tournant permet d'explorer ces domaines où se manifestent les phénomènes d'orientation. Il serait évidemment d'un intérêt encore plus grand de pouvoir étudier les surfaces de séparation liquide-air, solide-air ou liquide-liquide, puisque tout fait prévoir que ces surfaces sont aussi le siège de discontinuités en rapport avec l'adsorption, la tension superficielle, et peut-être la catalyse. C'est pour répondre à cette question que nous avons imaginé une méthode basée sur le principe suivant :

On sait que la méthode du cristal tournant nécessite une rotation du cristal afin d'obtenir successivement divers angles d'incidence du pinceau de rayons X sur la surface plane; si, au lieu de cette surface plane, on disposait de cristaux courbés, on obtiendrait automatiquement, et sans rotation, l'ensemble des raies de diffraction correspondant aux réflexions sur une famille de plans réticulaires. C'est ce qui a été obtenu notamment par M. M. de Broglie avec une feuille de mica courbée. Si, au lieu d'une surface cristalline courbe, on considère une surface obtenue en déposant une goutte liquide sur un plan, et une fente collimatrice horizontale, la forme de la goutte permettra, par sa courbure même, l'obtention d'angles Θ (entre la surface et le faisceau), variant entre 0° et une valeur déterminée par l'angle de raccordement. Si donc la surface ainsi obtenue présente des phénomènes d'orientation moléculaire sur une certaine épaisseur, il est à prévoir que l'on obtiendra ainsi des spectres de diffraction, sans avoir à déplacer ou à faire tourner ni le tube à rayons X, ni la goutte. La méthode peut évidemment s'appliquer aussi au cas d'une goutte figée obtenue par refroidissement, ou au cas d'une goutte solide ou liquide surmontée d'une couche liquide capable de l'envelopper.

---

(1) Séance du 9 juillet 1928.

C'est ce que nous avons constaté dans de très nombreuses expériences qui ont porté sur les cas envisagés ci-dessus. Le réglage est obtenu très simplement en élevant la goutte et la cupule qui la supporte de façon à couper en deux le faisceau horizontal de rayons X; l'enregistrement se fait sur films placés à des distances variables de la préparation. Nous avons constaté que le centre de la goutte peut être pris comme origine, avec une approximation très suffisante.

II. *Application à l'étude de l'orientation des acides gras par le mercure*. — Nous avons cherché à compléter nos recherches antérieures en étudiant l'orientation des acides gras par le mercure à l'aide de cette méthode. Pour cela, on dépose sur une goutte de mercure une petite quantité d'acide gras, et l'on chauffe légèrement de façon à amener la fusion de l'acide si celui-ci est solide. Le mercure se recouvre d'une pellicule de faible épaisseur provenant de l'attaque, surmontée d'une légère couche d'acide en excès.

Les spectrographies prises en des temps courts (1 à 2 heures) fournissent des spectres intenses. Les résultats détaillés seront donnés dans un autre recueil; toutefois, on peut les résumer rapidement de la façon suivante :

1° Malgré l'état liquide du mercure, on obtient une couche d'attaque parfaitement orientée, que l'acide gras soit liquide ou solide; il est donc ainsi possible d'explorer la surface de séparation entre liquide-liquide ou liquide-solide.

2° Les spectres obtenus montrent une diminution régulière de la distance entre les raies, correspondant à un accroissement linéaire de la distance réticulaire avec le nombre d'atomes de carbone, comme nous l'avions constaté sur des surfaces métalliques solides.

3° L'acide en excès donne soit son halo amorphe (s'il est liquide), soit son spectre propre (s'il est solide). Dans certains cas, nous avons observé des irrégularités provenant sans doute du polymorphisme.

4° L'influence de la température a été suivie jusqu'aux environs de 100°; même à cette température, l'orientation subsiste parfaitement, malgré l'agitation moléculaire du mercure ou de l'acide fondu.

III. *Conclusion*. — Il semble que la méthode puisse se prêter à un grand nombre d'applications nouvelles; les nombreuses expériences que nous avons faites et qui seront publiées ultérieurement soit sur des liquides, soit sur des gouttes figées, soit sur des surfaces de séparation, semblent le prouver; nous nous réservons de l'appliquer aussi à l'étude des phénomènes superficiels.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur l'influence du* pH *dans le dépôt électrolytique du cuivre en présence de gélatine.* Note (¹) de M. C. **Marie** et Mlle **M.-L. Claudel**, présentée par M. G. Urbain.

Des recherches antérieures ont montré que l'addition de gélatine à une solution de sulfate de cuivre entraînait une surcharge par rapport à la loi de Faraday dans le dépôt du métal. Cette surcharge est composée de gélatine, de sulfate de cuivre et d'eau.

Étant donnés les nombreux travaux qui ont montré l'influence de la concentration en ions H^+ sur les propriétés de la gélatine, nous avons pensé qu'il convenait de rechercher si la surcharge indiquée ci-dessus variait avec le pH des solutions de cuivre électrolysées.

Nous avons tenté en particulier de nous approcher aussi près que possible du point isoélectrique de la gélatine (pH = 4,7), tout en restant dans des conditions permettant un bon dépôt de cuivre.

Par neutralisation d'une solution contenant 12,5 pour 100 de SO^4Cu, $5H^2O$ au moyen de carbonate de cuivre, nous sommes arrivés à obtenir pour le pH la valeur 3,57. Une telle solution additionnée de quantités variables d'acide sulfurique nous a permis d'avoir la gamme de pH nécessaire.

Il convient de remarquer en passant que l'addition de gélatine (0,2 pour 100 dans toutes nos expériences) élève sensiblement le pH des solutions.

La gélatine en grains du commerce nous ayant donné des résultats aberrants, nous avons employé de la gélatine purifiée par la méthode de Loeb (lavages successifs à 0° en solution acétique N/128). La gélatine ainsi préparée contenait moins de 0,04 pour 100 de cendres.

La méthode expérimentale employée est celle décrite par MM. C. Marie et A. Buffat (²). Chaque expérience comportait un voltamètre normal, un voltamètre de comparaison contenant la solution de sulfate de cuivre employée (sans gélatine) et plusieurs bacs contenant cette même solution additionnée de gélatine (0,2 pour 100). Les dépôts de cuivre étaient effectués sur des électrodes de platine légèrement cuivrées. Le pH des solutions a été déterminé avec l'électrode à quinhydrone.

(¹) Séance du 9 juillet 1928.

(²) C. Marie et A. Buffat, *J. Ch. Phys.*, 24, 1927, p. 470.

Le tableau ci-dessous indique les résultats obtenus :

pH........	0,88	1,14	2,01	2,84	2,9	3,25	3,53	3,57
Surcharges..	2,86	3,59	4,52	5,2	5,46	5,58	5,04	4,52

Les surcharges sont indiquées en grammes et rapportées à 100^g de cuivre déposés au voltamètre de comparaison (1).

La courbe représentant les valeurs obtenues présente un maximum très net au voisinage de pH = 3,2. Les valeurs de la surcharge diminuent ensuite à mesure qu'on s'approche du point isoélectrique.

Ces résultats indiquent donc une analogie manifeste avec ceux obtenus pour les autres propriétés de la gélatine (viscosité, gonflement, pression osmotique, etc.) qui passent toutes par un maximum pour des pH compris entre 3,2 et 3,6 et par des minima au point isoélectrique.

Il eût été particulièrement intéressant de voir si les surcharges présentaient également une valeur minimum en ce point ou même s'annulaient. Malheureusement toutes les tentatives faites pour obtenir des solutions de SO^4Cu ayant des pH supérieurs à 3,57 ont échoué. L'addition d'acétate, de borate, de fluorure, permettait bien d'élever le pH, mais les poids des dépôts, aussi bien dans les voltamètres de comparaison que dans les voltamètres contenant de la gélatine, ne permettaient de tirer aucune conclusion des résultats obtenus.

Des expériences actuellement en cours avec des solutions de perchlorate de cuivre additionnées de fluorure de sodium et d'acide borique, permettent d'espérer la résolution du problème.

PHOTO-ÉLECTRICITÉ. — *Courant photo-électrique en fonction du champ et fatigue.* Note (2) de M. A. **Blanc**, transmise par M. Brillouin.

J'ai montré précédemment (3) que la forme de la courbe qui représente le courant photo-électrique en fonction du champ, dans l'air à la pression

(1) L'aspect des dépôts change progressivement avec l'acidité. Mats en solution acide (pH = 2,8 environ) ils deviennent plus brillants pour les pH plus élevés.

(2) Séance du 9 juillet 1928.

(3) *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 1835.

ordinaire, doit dépendre étroitement de la répartition des vitesses des électrons émis par le métal; tout ce qui change celle-ci influe sur la forme de la courbe. C'est parce que la répartition des vitesses dépend de la nature du métal que la forme de la courbe en dépend aussi, comme je l'ai montré, alors que toutes les autres conditions de l'expérience demeurent les mêmes.

Il est commode de faire correspondre à chaque courbe un nombre égal au rapport des deux ordonnées obtenues pour deux valeurs déterminées du champ, choisies arbitrairement, mais les mêmes pour toutes les courbes à comparer; les champs choisis, dans ce qui va suivre, sont égaux à 215 et à 1680 volts par centimètre (ils correspondent à deux points entre lesquels la courbe est grossièrement rectiligne). Pour un même métal, quand on fait varier l'éclairement à l'aide d'un diaphragme, la source lumineuse étant bien constante, les courbes obtenues appartiennent à une même famille, comme on l'a vu, et le rapport que nous venons de définir est invariable. Pour des métaux différents, au contraire, le rapport varie; les deux champs étant toujours les mêmes, à chaque métal correspond une valeur bien déterminée de ce rapport : nous l'appellerons son *rapport caractéristique*. On trouve, par exemple, les mesures étant faites sur des métaux très fatigués :

Pour Al	2,20
Pour Ag	1,82

I. Remarquons que la fréquence limite de l'argent (fréquence au-dessous de laquelle le phénomène photo-électrique ne se produit pas) est plus grande que celle de l'aluminium. Il est facile de le vérifier en interposant sur le trajet des rayons lumineux une lamelle très mince de verre (couvre-objet) qui ne laisse passer que le début de l'ultraviolet : le courant est pratiquement nul avec l'argent, tandis qu'il est encore notable avec l'aluminium. D'une façon générale, *le rapport caractéristique paraît être*, comme dans l'exemple précédent, *plus grand pour les métaux dont la fréquence limite est plus petite*.

II. La répartition des vitesses des électrons dépend de la fréquence de la lumière si elle est monochromatique, et de sa composition si elle ne l'est pas. *Il en est de même pour la forme de la courbe du courant photo-électrique :* pour l'aluminium, quand on interpose la lamelle de verre, le rapport caractéristique augmente et passe de 2,20 à 2,43.

III. J'ai examiné si la fatigue modifiait le rapport caractéristique du métal. Afin d'éliminer la variation du courant qui se produit pendant la durée des mesures quand la fatigue, encore faible, augmente vite, on

mesure le courant pour le premier champ, puis pour le second, puis de nouveau pour le premier : la moyenne de la première et de la troisième mesure, d'une part, et la deuxième mesure, d'autre part, servent à calculer le rapport caractéristique. L'opération est répétée de temps en temps, pendant que la fatigue augmente, l'éclairement étant bien constant. Le tableau suivant est relatif *au platine*: les temps sont comptés à partir du moment où la lame a été frottée avec du papier de verre :

Temps (en minutes).....	10.	25.	40.	55.	85.	115.
Rapport...........	1,96	1,92	1,89	1,88	1,85	1,84

Le rapport diminue pendant que la fatigue augmente, d'abord vite, puis de plus en plus lentement, si bien qu'au bout de deux ou trois heures il a déjà à peu près la valeur qui correspond au métal très fatigué. Ainsi la forme de la courbe du courant photo-électrique en fonction du champ varie non seulement avec le métal, mais même avec son état de fatigue. Cela prouve encore que *la fatigue modifie la répartition des vitesses des électrons* (contrairement aux conclusions de Hallwachs (¹)). Enfin la modification de la courbe est *la même que lorsque la fréquence limite augmente* : la fatigue semble donc accompagnée d'une augmentation progressive de la fréquence limite.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'acide picrique sur la glycyl-glycine.* Note (²) de MM. **A. Morel**, **P. Preceptis** et **A. Galy**, transmise par M. V. Grignard.

L'acide picrique donne avec la glycyl-glycine une combinaison définie, qui, signalée une première fois par Maillard (³), n'avait pas encore été obtenue sous une forme se prêtant à des déterminations cristallographiques.

Nous avons préparé ce picrate par dissolution dans l'eau de quantités équimoléculaires d'acide picrique et de glycyl-glycine, chauffage à l'ébullition et concentration jusqu'à siccité, dans le vide, à froid, de la solution aqueuse. Celle-ci a abandonné des amas d'aiguilles jaunes qui, lavées à l'éther à plusieurs reprises, puis redissoutes dans l'eau froide, nous ont donné, par évaporation très lente, de belles tablettes brillantes. L'analyse

(¹) Hallwachs, *Deutsch. Phys. Gesell. Verh.*, 14, 1912, p. 638.

(²) Séance du 9 juillet 1928.

(³) L.-C. Maillard, *Genèse des matières protéiques*, Paris, 1913, p. 100.

chimique (azote total par la méthode de Dumas, azote aminé par la méthode de Van Slyke, acide picrique à l'état de picrate de nitron) nous a permis de préciser la constitution de ce sel, qui est un monopicrate de monoglycyl-glycine : $C^6H^2(NO^2)^3OH$, $NH^2-CH^2-CO-NH-CH^2-COOH$.

Cette constitution diffère de celle du produit obtenu, dans les mêmes conditions, par l'action de l'acide picrique sur la glycine, et qui est un monopicrate de diglycine : $C^6H^2(NO^2)^3OH$, $(C^2H^5NO^2)^2$, ainsi que l'ont signalé Levene et Van Slyke (¹).

Les caractéristiques cristallographiques du picrate de glycyl-glycine, que nous avons obtenu, sont les suivantes :

Système cristallin : monoclinique.

Tablettes holoédriques avec faces p, m, h^1, e^1, montrant une tendance à l'allongement suivant ph^1 ; sur quelques rares cristaux on trouve en plus des faces $a\frac{13}{10}$ extrêmement peu développées.

Angles des axes de Miller :

$$XY = 90^\circ, \quad YZ = 90^\circ, \quad XZ = 90^\circ 35'.$$

Paramètres des axes = 1,191 : 1 : 1,891.

Angles caractéristiques :

$$\widehat{mn} = 80^\circ 40', \quad mh^1 = 49^\circ 40', \quad pe^1 = 61^\circ 52', \quad ph^1 = 81^\circ 25',$$
$$h^1 a \frac{13}{10} = 42^\circ 18'.$$

Nous avons obtenu le même picrate de glycyl-glycine, en aiguilles ou en tablettes jaunes, en additionnant la solution aqueuse d'acide picrique et de glycyl-glycine d'eau de baryte et en faisant bouillir ce mélange, puis en éliminant quantitativement la baryte par l'acide sulfurique, avant de concentrer la solution. Nous n'avons pas, dans ce cas, d'accord en cela avec Abderhalden et Komm (²), observé la formation de dérivés rouges ou bruns de réduction de l'acide picrique, comme on en observe, si, au lieu de glycyl-glycine, on met de la cycloglycyl-glycine (anhydride du glycocolle) en réaction.

(¹) Levene et Van Slyke, *Journ. biolog. Chem.*, 12, II, 1912, p. 286.

(²) Abderhalden et Komm, *Zeitschr. physiolog. Chem.*, 139, 1924, p. 197.

GÉOLOGIE. — *Sur l'existence de mouvements tertiaires en direction varisque dans la plaine d'Alsace septentrionale.* Note (¹) de MM. **J. O. Haas** et **C. R. Hoffmann.**

Dans la plaine d'Alsace septentrionale, entre les rivières Lauter et Bruche, un grand nombre de sondages récents ont fourni des éléments pour la synthèse des mouvements orogéniques complexes du Fossé Rhénan. Le fait que l'épaisseur des couches tertiaires augmente régulièrement vers le milieu du Fossé Rhénan était déjà connu. On en déduisait un affaissement plus accentué du Fossé dans sa partie axiale. Des études récentes nous ont permis de reconnaître que les événements durant l'affaissement ont été plus compliqués, notamment en direction longitudinale.

En considérant l'ensemble des couches qui n'ont guère été attaquées par l'érosion et qui composent le Sannoisien (de bas en haut : la zone dolomitique, la couche rouge, les couches de Pechelbronn inférieures et supérieures), nous constatons une augmentation considérable d'épaisseur du Sud au Nord. A partir de la région d'Ohlungen au sud-ouest de Haguenau, jusqu'à celle de Hoelschloch, distante de 15^{km}, l'épaisseur du Sannoisien passe d'abord lentement de 625 à 755^{m}, puis rapidement à 1100^{m} dans la région de Steinselz, à 12^{km} plus au Nord. L'accroissement se répartit régulièrement sur le reste des sous-étages du Sannoisien, à l'exception de la zone dolomitique qui, d'après les renseignements des sondages, conserve une épaisseur constante.

Le Tertiaire dans le Fossé Rhénan s'est déposé dans l'eau peu profonde d'un bassin s'enfonçant très lentement. Une augmentation de la suite normale des couches ne peut donc être expliquée que par un enfoncement localement plus rapide du sous-sol. Un tel mouvement commence à se faire sentir dans la région d'Ohlungen et atteint son maximum dans celle de Steinselz. Nous avons des raisons d'admettre qu'il diminue de nouveau au nord de cette région.

Or la carte géologique nous apprend que ce maximum d'enfoncement se trouve exactement sur l'axe du synclinal de Phalsbourg-Langenbrücken, qui traverse le Fossé Rhénan en direction N 50° E. Il est donc évident que la formation du synclinal s'est poursuivie pendant l'affaissement du

(¹) Séance du 2 juillet 1928.

Fossé Rhénan après un repos relatif durant la sédimentation de la zone dolomitique.

Jusqu'ici nous avons connu l'existence du mouvement synclinal avant et après l'Oligocène. Nous croyons avoir apporté la preuve que ce mouvement a continué également pendant le Sannoisien. Des observations sur les épaisseurs des couches stampiennes nous permettent de dire qu'il a continué même pendant tout l'Oligocène. Ce mouvement synclinal nous paraît avoir eu non seulement une influence sur l'épaisseur, mais aussi sur le faciès des couches : en nous rapprochant de la zone axiale du synclinal, nous constatons une prépondérance progressive des dépôts d'eau douce.

Au sud de cet enfoncement anormal pour le Fossé Rhénan nous en avons encore trouvé d'autres, mais beaucoup moins importants. Dans la région de Walbourg les couches de Pechelbronn supérieures accusent localement une augmentation d'épaisseur de 60^m. La région au Sud entre Ohlungen et la Bruche n'a été étudiée que par quelques rares sondages. Pourtant les résultats obtenus permettent de localiser un enfoncement considérable avec un épaississement des couches de Pechelbronn supérieures dans la région de Brumath (les couches inférieures n'ont pas été traversées). On pourrait être tenté de mettre ce synclinal en relation avec le synclinal carbonifère de Schirmeck-Baden-Baden en direction varisque dont le mouvement se serait ravivé dans le Sannoisien. Au sud de ce synclinal, le Sannoisien reprend son allure normale au moins jusqu'à la Bruche.

Nous constatons donc dans le Fossé Rhénan non seulement un enfoncement dans la direction rhénane (N 15° E), mais un autre contemporain de direction varisque (N 50° E). Ajoutons que l'influence de ces deux directions tectoniques se fait encore sentir pendant les mouvements orogéniques post-oligocènes.

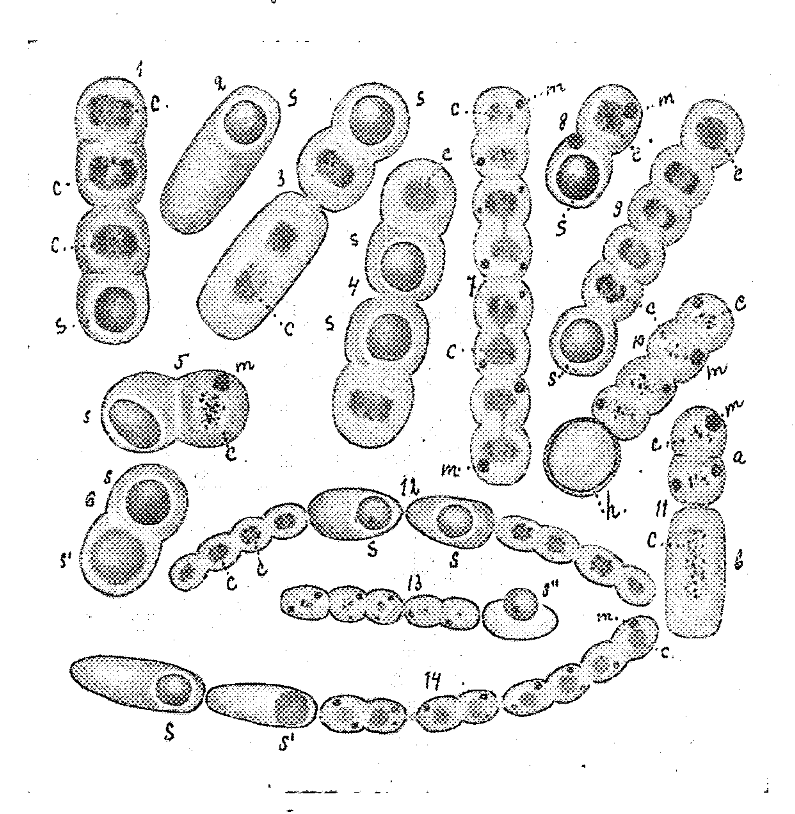
CRYPTOGAMIE. — *Schizophytes du cæcum du Cobaye :* Anabæniolum. Note [1] de MM. **G. Nadson** et **N. Krassilnikov**, présentée par M. Molliard.

M. Langeron a découvert un organisme curieux, vivant dans l'intestin de l'homme et des animaux présentant une grande ressemblance avec l'Algue bleu *Anabæna*. Il lui a donné le nom de *Anabæniolum* [1]. Il nous est sou-

---

(1) *Annales de Parasitologie*, I, 1, 1923, p. 118.

vent arrivé de rencontrer *Anabæniolum* dans le cæcum de cobayes sains et nous pouvons faire part des observations suivantes sur sa structure et son développement. *Anabæniolum Langeroni*, nov. sp., une espèce nouvelle que nous avons dédiée à M. Langeron, a de courts trichomes formés de 2, ou rarement de 4 cellules en voie de division. Ces dernières sont rondes; leur diamètre est de 4,2-4,5 μ (*fig.* 1, 4); quelques-unes atteignent même 8-12 μ de longueur (*fig.* 2, 3). Nous avons pu constater la forma-



tion de *spores endogènes*, ce qui constitue un fait d'un intérêt incontestable; il se forme dans la cellule une seule spore sphérique, quelquefois elliptique, d'un diamètre de 2 μ (*fig.* 1-6, *s*). Une partie du contenu cellulaire donne naissance à la spore, ou plutôt à son ébauche, qui est entourée de l'autre partie ou épiplasme. La jeune spore diminue ensuite de volume jusqu'à ce qu'elle ait atteint les dimensions qui lui sont propres et se recouvre d'une membrane épaisse et réfringente (*fig.* 6, *s'*, spore en voie de formation; *fig.* 1-6, *s*, spores mûres). Les spores se forment dans les cellules sphériques aussi bien que dans celles plus allongées (*fig.* 1-2).

Une deuxième forme (*fig.* 7-11), qui paraît être une variété de la première, en diffère par le moindre diamètre de ses cellules (3-3,5 μ); les trichomes, comptant jusqu'à 18 cellules, sont plus longs; les spores sphériques mesurent de 1,8 à 2 μ. Au milieu ou aux extrémités des trichomes se rencontrent des cellules rondes plus grandes à membrane épaisse et à contenu aqueux transparent, offrant une grande ressemblance avec les hétérocystes de l'*Anabæna*. Nous avons donné le nom de *Anabæniolum longum* nov. sp. à une troisième forme (*fig.* 12-14) à cause de la longueur de ces trichomes formés de nombreuses cellules elliptiques (jusqu'à 200), mesurant 1,6-1,8 × 2,3 μ. On peut voir des plasmodesmes aux endroits de jonction des cellules. Il se forme une *endospore* dans des cellules plus grandes, allongées (2,5-3,8 × 4,5-8 μ), souvent pyriformes ou cunéiformes. Cet amincissement des cellules à un bout est un des caractères particuliers de l'espèce décrite. Les cellules sporifères se rencontrent dans les trichomes ou à l'état isolé ou par groupes. Les spores sont parfaitement sphériques et se forment au milieu de la cellule ou vers une de ses extrémités (*fig.* 12-14, *s*; 13, *s*, spore sortant de la cellule mère). Le mode de formation des spores est le même que chez *Anabæniolum Langeroni*.

La structure de la cellule d'*Anabæniolum* correspond à celle des Algues bleues. La gaine mucilagineuse incolore autour du trichome est faiblement développée. Dans la cellule vivante, on peut constater une tache incolore à fine granulation qui est le *corps central* (*fig.* 5*c*, 10-11*c*), c'est-à-dire l'équivalent du noyau cellulaire. Il devient plus apparent après l'action d'un réactif iodé (*fig.* 12*c*), et est nettement visible sur les préparations fixées avec de l'alcool iodé ou du picroformol et colorées ensuite avec du bleu de méthylène (*fig.* 3, 4, 7, 8, 14), ou mieux encore avec de l'hématoxyline ferrique (*fig.* 1, 9). Le protoplasme périphérique contient un ou plusieurs corpuscules métachromatiques assez gros (*fig.* 5-11*m*).

Il est presque hors de doute que *Anabæniolum* provient phylogénétiquement d'*Anabæna* ou de quelque autre Algue bleue proche de celle-ci. La vie dans l'intestin a provoqué les changements suivants : perte du pigment (chlorophylle, etc.) et vie saprophytique, raccourcissement des hormogonies et souvent désarticulation du trichome en cellules isolées, ce qui explique peut-être la rareté des hétérocystes. Enfin, fait particulièrement intéressant, l'organisme est devenu apte à former des spores endogènes à la façon des bactéries. Les détails et les conclusions théoriques seront exposés dans un article spécial.

PARASITOLOGIE VÉGÉTALE. — *A propos du cycle évolutif de* Pemphigella follicularia *Pass.* Note [1] de M. **R. Dieuzeide**, présentée par M. P. Marchal.

Houard, dans ses *Zoocécidies du nord de l'Afrique* [2], a décrit et figuré sur *Pistacia atlantica* Desf. des galles qu'il attribua à un *Pemphigus* sp. Les échantillons avaient été recueillis par cet auteur, le 26 avril 1910, dans les Gorges du Rummel à Constantine (Algérie). Ces cécidies sont, d'ordinaire, développées en deux moitiés symétriques de part et d'autre de la nervure médiane, qui s'infléchit. Ces petites boursouflures sont parfois situées sur un côté de la foliole. Dans les deux cas elles font hernie sous forme d'outres ovoïdes à la face inférieure de la foliole, peu déformée quant à son aspect général et s'ouvrent par une fente à la face supérieure. Elles mesurent en moyenne 8^{mm} sur 4^{mm} et présentent une belle teinte carminée. Il peut en exister plusieurs sur le même organe foliaire.

Houard ne pouvait les rapporter à l'action de *Pemphigella utricularia* Pass. et les rapprochait de galles décrites par Rubsaamen sur *Pistacia mutica* Fisch. et Meyer. Fockeu aurait examiné des déformations analogues sur *Pistacia terebinthus* L. de Palestine et Trotter les aurait également observées en Italie.

J'ai eu l'occasion d'étudier à Alger de semblables cécidies sur *Pistacia atlantica* Desf., un lot de ces arbres étant planté dans le Jardin Botanique de l'Université.

Dès la mi-février, les premières feuilles apparaissent. Au début de mars et jusque vers le milieu de ce mois, on assiste à la naissance de ces cécidies. Les toutes jeunes folioles, encore ployées le long de la nervure médiane, sont piquées par une fondatrice, qui provoque un gonflement prenant rapidement une couleur rouge. Puis le reste du limbe continue à croître normalement, et en définitive la foliole, souvent peu différente de ses voisines, porte appendue à sa face inférieure le petit utricule pourpre dont nous avons parlé. Signalons toutefois que l'organe foliaire peut être frappé d'arrêt de développement et être réduit à une larme rouge. La fondatrice qu'elle contient engendrera sa descendance 10 à 15 jours plus tard.

On constate que les jeunes issus de cette fondatrice sont toujours en très

[1] Séance du 9 juillet 1928.

[2] *Ann. Soc. Ent. France*, 81, 1912, p. 117.

petit nombre auprès d'elle. Parfois, après avoir remarqué leur présence, on ne les retrouve plus, et ils seront remplacés par d'autres au bout d'un jour ou deux.

La comparaison de ces jeunes pucerons avec les fondatrices de la galle folliculaire (due à *Pemphigella follicularia* Pass.) ne permet de faire entre les deux aucune différence. Or j'avais constaté que les galles folliculaires, très communes sur les mêmes arbres, apparaissaient postérieurement aux galles vésiculaires.

Des expériences poursuivies en 1927 et 1928 ont montré que, si l'on vient à placer des galles vésiculaires au voisinage d'une feuille saine, les jeunes Pucerons très agiles sortent de celles-ci et vont se fixer sur la portion latérale des folioles épanouies pour y amener la formation d'un enroulement marginal du limbe vers le haut, caractéristique de *P. follicularia*.

Le 25 mars 1927, j'ai installé sous cloche, à côté d'un jeune rameau de *Pistacia atlantica*, soigneusement scruté à la loupe, deux galles vésiculaires contenant l'une, la fondatrice et quatre jeunes; l'autre, la fondatrice et deux jeunes. Le lendemain 26 mars, les six petits Pucerons ont quitté les galles où ils étaient nés; quatre d'entre eux ayant trouvé leur place suçaient activement de jeunes folioles dont le bord commençait à s'incurver. Les deux autres ne piquèrent que le lendemain. Le 28 mars, j'obtenais six petites cécidies. Ces expériences furent renouvelées avec succès complet les 26, 27 et 28 mars 1927. Reprises en 1928, elles donnèrent des résultats rigoureusement semblables.

Ainsi donc le cycle évolutif de *P. follicularia* se complique de la formation d'une *galle transitoire* (Derbès), où vit la fondatrice et où elle engendre des jeunes. Ceux-ci, à leur tour, iront provoquer la déformation latérale du limbe en rouleau, qui a valu à l'espèce son nom. Ces faits avaient été entrevus par Courchet, sans affirmation très nette toutefois.

La jeune fondatrice de la galle folliculaire donnera par la suite des aptères d'où naîtront des ailés. Ces ailés iront se fixer aux racines des Graminées où ils déposeront des aptères (Courchet). Les sexués passeront des Graminées au *Pistacia* sur lequel sera pondu l'œuf d'hiver.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Sur le mécanisme de l'action préventive du bismuth contre la spirochétose ictérohémorragique.* Note (¹) de MM. **R. Sazerac** et **H. Nakamura**, présentée par M. Roux.

Nous avons montré précédemment (²) que le tartrobismuthate de sodium est capable de préserver le cobaye contre l'infection par le *Spirochæta icterohemorragiæ* durant une période assez longue (5 mois au moins), lorsque la substance étrangère et le virus en question sont injectés simultanément. Ainsi que nous l'avons fait déjà remarquer, ce résultat pourrait être expliqué par ce fait que la plupart des composés bismuthiques, même solubles, se déposent en partie dans les tissus où ils sont injectés, constituant ainsi, en quelque sorte, une réserve thérapeutique capable d'agir durant un temps plus ou moins long. D'autre part, en présence d'un phénomène de préservation aussi durable, il est assez logique d'invoquer l'intervention d'un processus de vaccination résultant probablement de l'atténuation du virus par le produit bismuthique. En vue de déterminer quelle est la mieux fondée de ces deux hypothèses, nous avons entrepris les expériences suivantes.

Vingt-cinq cobayes ont reçu, en injection sous-cutanée, 1^{cg} par 100^{g} de tartrobismuthate de sodium en solution aqueuse. Les animaux ainsi traités ont été divisés en cinq lots équivalents. Tous les cobayes ont été ensuite inoculés avec une culture de *Spirochæta icterohemorragiæ*, par série de cinq, en même temps que des témoins en nombre égal, à des dates de plus en plus éloignées du moment où ils avaient reçu l'injection bismuthique. En fait les inoculations ont été pratiquées successivement après 7, 15, 23, 32 et 45 jours.

Dans ces conditions, tous les animaux traités par le bismuth, puis inoculés jusqu'au trente-deuxième jour après ce traitement, ont résisté à l'infection par le spirochète, alors que les cobayes témoins, ayant reçu le virus aux mêmes dates, sont morts avec les symptômes de la spirochétose ictérohémorragique. Par contre, les cinq animaux également traités par le bismuth et inoculés quarante-cinq jours après le traitement ont tous succombé à la maladie en question.

(¹) Séance du 2 juillet 1928.

(²) *Comptes rendus*, 76, 1873, p. 346, et *Bull. Académie de Médecine*, **97**, juin 1928, p. 774.

Il résulte de ces données que l'injection préalable de tartrobismuthate de sodium ne préserve plus le cobaye contre la spirochétose ictérohémorragique lorsque l'inoculation du virus est pratiquée après le délai maximum de quarante-cinq jours, alors que la durée de préservation est de cinq mois au moins, lorsque le virus et la substance chimique sont injectés simultanément.

Une différence aussi notable dans le résultat des inoculations pratiquées à des dates considérablement éloignées l'une de l'autre semble bien indiquer que le pouvoir préventif du bismuth contre la spirochétose ictérohémorragique est dû, en grande partie tout au moins, à un phénomène de vaccination dont nous avons indiqué plus haut la possibilité. On peut supposer que le bismuth est à peu près complètement éliminé de l'organisme du cobaye au bout de quarante-cinq jours, alors que persiste encore, durant trois mois et demi au moins, le pouvoir préventif développé grâce à l'action du médicament sur le spirochète.

La préservation contre la spirochétose ictérohémorragique semble du reste pouvoir être réalisée par l'injection d'un mélange, effectué *in vitro*, de la culture microbienne et du tartrobismuthate de sodium, car trois cobayes ayant reçu, respectivement, 2^{cm^3} de ce mélange en injection sous-cutanée, étaient encore vivants trois mois après le début de l'expérience.

Ces résultats conduisent naturellement à penser qu'il serait peut-être possible, grâce aux propriétés du bismuth, d'obtenir des phénomènes de vaccination vis-à-vis des autres microorganismes sensibles à l'action de cet élément. Nous avons entrepris, à ce point de vue, des expériences concernant la prévention de la syphilis, dont nous rendrons compte ultérieurement.

La séance est levée à $15^h 45^m$.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

PUBLICATIONS PÉRIODIQUES REÇUES PENDANT L'ANNÉE 1927 (*suite*).

Revista del centro estudiantes de agronomía y veterinaria. Buenos-Aires.
Revista del colegio de ingenieros de Venezuela. Caracas.
Revista do Museu Paulista. São Paulo.
Revista mexicana de ingenieria y arquitectura. Mexico.
Revista zootécnica. Buenos-Aires.
Revue bryologique. Cahan par Athis.
Revue chimique ukrainienne. Kharkov.
Revue de l'industrie minérale. Paris, Saint-Étienne.
Revue Demag. Duisburg.
Revue des combustibles liquides. Paris.
Revue des questions scientifiques. Paris, Louvain.
Revue des roulements à billes (La). Paris.
Revue des voyages (La). Paris.
Revue de viticulture; Journal de la viticulture française et mondiale. Paris.
Revue du génie militaire. Nancy, Paris, Strasbourg.
Revue du Touring-Club de France (La). Paris.
Revue générale de l'électricité. Paris.
Revue générale des sciences pures et appliquées. Paris.
Revue hydrographique. Monaco.
Revue internationale de renseignements agricoles. Rome.
Revue maritime. Paris.
Revue médicale de l'Est. Nancy, Paris.
Revue scientifique du Bourbonnais et du centre de la France. Moulins.
Revue scientifique illustrée. Paris.
Revue zoologique russe. Moscou.
Rocznik Akademii Umiejetnosci w Krakowie. Cracovie.
Rocznik Polskiej Akademji Umiejetnosci. Cracovie.
Rose-Croix (La). Paris.
Rothamsted Memoirs on Agricultural Science. Harpenden.
Rozprawiy wydzialu matematyczno przyrodniczego. Cracovie.
R. Scuola d'ingegneria. Pisa.
Russian Society of the Amateurs of the Universe's Knowledge (Astronomical Bulletin) (en russe). Léningrad.

School Life. Washington.
Schweizerische meteorologische Zentralanstalt. Zürich.
Science Reports of the Tôhoku Imperial University. Sendai.
Scientia. Bologna.
Scientific Magazine of the Geological Catheder of Katerynoslaw. Ekaterinoslaw.
Scientific Papers of the Institute of Physical and Chemical Research. Tokio.
Seismological Bulletin. Java, Batavia.
Selected (The) Papers From the Journal of the Institute of Electrical Engineers of Japan. Tokio.
Sintesis estadistica de la republica oriental del Uruguay. Montevideo.
Sitzungsberichte der mathematisch naturwissenschaftlichen Abteilung der Bayerischen Akademie der wissenschaften. München.
Slavia. Prague.
Smithsonian Institution. Bureau of American Ethnology (Bulletin). Washington.
Smithsonian Institution. United States National Museum (Bulletin). Washington.
Smithsonian Miscellaneous Collections. Washington.
Societas geographica Fenniæ. Acta geographica. Helsingfors.
— *Fennia*. Helsingfors.
Societas scientiarum fennica (Årsbok Commentationes humanarum litterarum. — Bidrag till natur och Folk Kännedom af Finlands). Helsingfors.

(*A suivre.*)

ERRATA.

(Séance du 25 juin 1928.)

Note de M. *G. Valiron*, Sur une généralisation d'un théorème de M. Landau :

Page 1817, ligne 4, au numérateur de A, *au lieu de* 1, *lire* a_1 ; ligne 6, *au lieu de* z, *lire* Z; ligne 9, dans le coefficient de a_n, *au lieu de* λ, *lire* λ_n.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 23 JUILLET 1928.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE HAMY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ASTRONOMIE. — *Observations jusqu'ici inédites de taches solaires, faites à l'Observatoire de Paris de 1683 à 1719 par Ph. La Hire et par G.-Ph. La Hire.* Note de M. G. **Bigourdan.**

P.-H. La Hire, élève de l'abbé Jean Picard, aida celui-ci pour l'installation de son quadrant mural et pour sa fixation exacte dans le méridien; cet instrument n'était pas complètement réglé à la mort de Picard, survenue le 12 octobre 1682.

La Hire, entré alors en jouissance de l'appartement, des instruments et des papiers de son illustre maître, acheva de régler le quadrant mural en 1683 et dès lors il y observa assidûment le Soleil et ses taches, la Lune, les planètes et les étoiles jusqu'à sa mort (21 avril 1718). Alors ce fut un de ses fils, Gabriel-Philippe, qui le remplaça; celui-ci suivit le même plan d'observation que son père, mais bien peu de temps, car il mourut presque aussitôt, le 19 avril 1719.

Toutes ces observations se trouvent dans les Archives de l'Observatoire de Paris, dans 10 registres parfaitement conservés; quelques astronomes en ont extrait divers éléments pour leurs recherches personnelles, par exemple La Caille pour ses Tables solaires, Le Monnier pour la Lune; mais personne, à ma connaissance, n'a utilisé les observations de taches solaires : ce sont celles que je viens de publier dans le tome LIX de nos *Mémoires*. On trouvera dans mon *Introduction* tous les détails que j'ai pu réunir à ce sujet, avec des Notices sur les La Hire.

Une partie importante de ces observations de taches est constituée par

les dessins qu'il était nécessaire de reproduire, mais j'ai hésité longtemps sur le meilleur moyen à employer; finalement, je me décidai à faire calquer ces dessins et ils se trouvent reproduits dans 5 planches qui accompagnent mon Mémoire.

Pour faire concourir ces observations à une statistique régulière, il est évidemment nécessaire de connaître non seulement le nombre de jours où l'on a vu des taches, mais tous les jours où l'on a pu observer le Soleil sans en apercevoir; je les ai indiqués, toujours d'après les registres.

Dans ses observations des taches solaires Ph. La Hire les rapportait en ascension droite aux bords précédant ou suivant du Soleil observés au quadrant mural et en hauteur aux bords supérieur ou inférieur au moyen d'un quart de cercle mobile. Mais au début sa méthode ne paraît pas encore bien fixée, car il indique simplement la plus petite distance de la tache au bord solaire voisin.

Le Mémoire donne, dans l'ordre chronologique, les passages méridiens des bords du Soleil et des taches, puis parallèlement les hauteurs du bord solaire supérieur et des taches.

Comme complément j'ai donné les observations de taches solaires de Picard et de Cassini I, de sorte que le lecteur a sous les yeux le relevé des taches de 1661 à 1719; et la plus simple statistique montre immédiatement la périodicité de ces taches, découverte faite seulement un siècle plus tard. On s'étonnera sans doute que des observations telles que celles de La Hire soient restées inédites jusqu'ici : je crois qu'il faut y voir un effet de l'antagonisme des deux écoles entre lesquelles se sont partagés les astronomes français, l'école de Picard et l'école des Cassini.

Cette dernière, qui a été longtemps prépondérante, oublia bientôt le précepte de Pascal sur l'importance de l'observation en Physique; et un astronome célèbre a même écrit qu'il suffit de regarder les taches solaires une fois dans sa vie. S'il avait pu voir l'élan donné à l'Astronomie solaire par cette découverte de la périodicité des taches il aurait bien changé d'avis. Les observations solaires des La Hire permettront non seulement de mieux fixer les époques mal connues des *maxima* et des *minima* des taches à cette époque éloignée, mais encore de vérifier la loi des latitudes et de ses anomalies. On reconnaîtra alors qu'elles constituent le travail le plus important fait en France sur ces taches et qui malheureusement n'a pas été continué.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la fécondité de l'Hémérocalle fauve* (Hemerocallis fulva *L.*). Note de M. L. **Blaringhem**.

M. A. B. Stout (¹), qui étudia les espèces d'Hémérocalles du Jardin botanique de New-York, a émis l'hypothèse que l'Hémérocalle fauve, admise comme une bonne espèce par la plupart des auteurs, même modernes (H. Coste, 1906), pouvait n'être qu'une forme horticole, résultat de la multiplication, par éclats, d'un seul individu autostérile. En effet, cette plante, dont le pollen est bien conformé et actif, ne donne qu'exceptionnellement des fruits et pas de graines.

A partir de 1921, j'ai réuni à la Station Berthelot, à Bellevue (Seine-et-Oise), et à l'Arboretum G. Allard, à Angers (Maine-et-Loire), huit lots, dont un à fleurs doubles, d'origines différentes de l'Hémorocalle fauve; j'ai réalisé chaque année des fécondations artificielles répétées entre ces lots sans obtenir le moindre gonflement des ovaires; à la fanaison, la fleur avec l'ovaire tombe par suite de la formation précoce d'une lame de liège transversale, phénomène fréquent chez les Liliacées et très accentué chez de nombreux hybrides. On pourrait se demander si l'Hémérocalle fauve, introduite du Levant en Europe vers 1599, n'était pas un individu hybride; mes expériences confirment cette hypothèse.

Son pollen est bien conformé; les avortements, ne dépassant pas 15 pour 100 dans mes cultures, sont moins abondants pour les dernières fleurs des touffes âgées, mais ce fait, commun chez les hybrides en mosaïque, ne fournit pas un argument décisif. Le pollen de l'*Hemerocallis fulva* fait nouer les fruits de l'*H. flava* L., bonne espèce sauvage de la Sibérie, à fleurs jaunes et ceux de plusieurs formes horticoles que je cultive et dont la valeur systématique reste douteuse : *H. lutea*, *H. aurantiaca*, *H. Forsteri*, *H. Thunbergii*. M. Stout l'a constaté à New-York et je l'ai vérifié à Bellevue et à Angers; après les pollinisations artificielles soignées, un bon nombre de fleurs ne noue pas; les pourcentages de réussites atteignent 50 pour 100 dans la combinaison *H. flava* × *H. fulva* qui est la plus fertile. Cette réduction de fertilité peut être due, comme chez le Lis blanc ou le Topinambour, à la tendance accusée à donner des souches souterraines très puissantes attirant à elles les réserves nutritives au détriment des fruits.

Les fleurs de l'*Hemerocallis fulva* ont une teinte foncée fauve rougeâtre; celles des autres formes en culture sont jaunes, diversement nuancées;

(¹) *Sterility and fertility in Species* Hemerocallis (*Torreya*, 21, 1921, p. 60).

celles de l'*Hemerocallis flava* L., jaune pâle verdâtre, sont les plus fécondes, même par autopollinisation. Or, en 1921, j'ai obtenu, des croisements *H. aurantiaca* et *H. flava* pollinisés par *H. fulva*, 18 plantes toutes à fleurs jaunes; en 1922, mêmes résultats avec plus de 40 plantes adultes et variées par le port des grappes, le nombre et la taille des fleurs. On pouvait supposer que le caractère fauve, récessif, n'apparaîtrait qu'à la seconde génération dont j'ai en culture plus de 150 descendants; tous sont à fleurs jaunes. Il n'y a pas eu de disjonction dans cette série.

Les épreuves de 1923 et 1924 furent plus étendues. Je récoltai environ 400 bonnes graines du croisement *H. flava* × *fulva* et 80 du croisement *H. aurantiaca* × *fulva*. Toutes les combinaisons suivies à part, sauf une, ne donnèrent que des plantes à fleurs jaunes; l'exception, semée en 1925 sous le numéro 6306, provenait de 5 fruits récoltés en 1924, avec beaucoup de graines avortées et 30 bonnes graines, qui fournirent 12 plantes : 2 mortes sans fleurir, 8 relativement trapues à fleurs jaunes, 2 grêles élancées à fleurs fauves ocracées. Ce sont je crois les deux seules Hémérocalles à fleurs teintées de rouge dont l'origine est certaine; je les désigne par les lettres A et B.

Les fleurs de A sont relativement grandes, intermédiaires entre celles des parents, à pièces internes du périanthe ocres sur les deux faces et légèrement plissées ondulées (caractère de *fulva*); vers le milieu des pétales un V renversé de teinte plus sombre accentue la ressemblance avec l'espèce paternelle. Cette plante vigoureuse a fleuri en 1927, surtout en 1928; elle est fertile et m'a donné, en 1927, 32 bonnes graines par pollen *fulva*. Les fruits sont allongés, étroits à la base puis renflés en massue; le pollen des fleurs, abondant, donne un quart de grains avortés. La plante B est une plante miniature de A, avec tous les caractères atténués par faiblesse générale de constitution. Elle n'a porté que 2 fleurs en 1927, 8 en 1928, sans former de fruits et son pollen est avorté dans la proportion des trois quarts.

Ainsi, *H. flava* L. étant une bonne espèce offrant la transmission régulière du coloris jaune en première génération, *H. fulva* est l'origine de la disjonction observée et cette disjonction, dès (F_1), traduit sa nature hybride. Dans la majorité des cas, la descendance *H. flava* × *fulva* se comporte pour le coloris des fleurs comme certains faux hybrides de Fraisiers, de Vigne (Millardet).

Un fait plus important encore mérite d'être noté. Alors qu'aucun pollen de l'espèce *H. flava* et des formes horticoles à fleurs jaunes n'a donné de fruit *H. fulva*, j'ai obtenu trois fruits noués et persistants, dont l'un en 1927

avec 3 graines, par l'action, sur plusieurs centaines de fleurs *H. fulva* du pollen de la plante nouvelle A. Je ne doute plus que je pourrai fixer, avec le temps, une ou plusieurs lignées fertiles de l'Hémerocalle fauve.

Cette série d'épreuves m'encourage à continuer les tentatives que je poursuis, depuis 1905, pour obtenir des graines fécondes du Topinambour dont j'ai obtenu quelques graines à Angers en 1926 et en 1927 par l'action, sur des fleurs de sujets épuisés, du pollen des variétés de l'*Helianthus multiflorus* L. Il est probable que le Topinambour n'est lui aussi qu'un individu fragmenté, autostérile et le procédé de la pollinisation par des espèces voisines, suivi de l'épuration méthodique de la descendance, doit être utilisé pour obtenir des formes nouvelles qui seront peut-être meilleures que les races actuelles.

En résumé, une variété horticole *Hemerocallis fulva* L., décrite comme espèce, n'est probablement qu'un seul individu hybride autostérile. On en obtient des graines par la réalisation d'hybrides avec *Hemerocallis flava* L. bonne espèce sauvage et par l'action, efficace sur les ovaires *fulva*, du pollen de disjonctions de la descendance *Hemerocallis flava* L. × *H. fulva* L. qui offrent la teinte ocracée des fleurs.

Cette combinaison de deux procédés, hybridation puis épuration par le choix parmi les descendants des types les plus rares, est une méthode générale pour l'obtention de nouveautés à partir de plantes autostériles.

GÉODÉSIE. — *La Figure de la Terre déduite de la mesure de l'Arc de Méridien des Alpes françaises.* Note (¹) de M. **P. Helbronner.**

La présente Communication, clôturant la série de celles que j'ai présentées dans ces dernières semaines, pour résumer les opérations et les calculs effectués depuis trois ans en vue d'une contribution à l'étude de la Figure de la Terre, achève de donner les résultats que j'ai obtenus dans ces recherches. La connaissance de la forme du globe terrestre qui depuis plus d'un siècle a constitué le but principal des disciplines de la géodésie, quoique n'étant pas susceptible d'un perfectionnement indéfini — puisqu'en réalité le problème consiste non à calculer une forme réelle mais à appliquer sur un corps hétérogène un vêtement géométrique lui allant le mieux possible, c'est-à-dire embrassant, d'aussi près qu'elles peuvent s'y prêter, les innombrables irrégularités de sa surface — trouve dans la mesure d'un arc de méridien l'une de

(¹) Séance du 17 juillet 1928.

ses plus usuelles contributions. Je n'ai pas cherché à me soustraire à cette sorte d'amplification et de justification suprême des travaux que j'avais entrepris et j'ai appliqué les résultats de mes mesures à la construction d'une enveloppe géométrique idéale de notre planète.

Mais loin de songer qu'un ellipsoïde doté de caractéristiques nouvelles pourrait être établi définitivement en application des résultats provenant de la mesure de l'arc de méridien de 41 grades et demi que j'ai constitué entre le Nord de la Norvège et le Sahara, et qu'il sortirait de cette mesure un schéma unique plus exact des formes de la Terre, j'ai laissé au contraire planer quelque imprécision sur ces caractéristiques en aboutissant non pas à une seule mais à une douzaine de ces surfaces du second degré et en ajoutant, simultanément à celles de tous les modèles déjà consacrés, leur candidature à la meilleure coupe du vêtement dont nous cherchons à couvrir ces formes.

J'ai donc tiré parti des 32 latitudes astronomiques dont je disposais le long de cet arc, d'abord en envisageant la totalité des sectionnements que ces latitudes délimitaient, puis en additionnant de manières variées les divers segments provenant de cette fragmentation. D'autre part, après avoir envisagé le jeu de ces segments bout à bout, je les ai fait chevaucher depuis une origine commune, celle de la station de Médenine, située à l'extrémité méridionale de l'arc, en les limitant à des relais variables. Cette solution, conduisant à des segments de plus en plus étendus, a eu l'avantage de diminuer, beaucoup plus que la solution précédente, l'influence perturbatrice des déviations de la verticale incluses à leurs extrémités sans discrimination possible, puisque plus l'amplitude envisagée est considérable, moins se fait sentir l'importance relative de l'attraction locale inconnue, gisant dans la latitude observée.

Les calculs ont donc été basés sur les données suivantes : 1° Les 31 segments compris entre Médenine et Fugleness sont introduits bout à bout; 2° Les 31 segments sont constitués par le chevauchement depuis l'origine commune de Médenine et par l'aboutissement successif aux 31 relais jusqu'à celui de Fugleness; 3° Plusieurs relais intermédiaires sont supprimés ainsi que le dernier segment septentrional, celui d'Utvœr-Fugleness, entaché d'une légère indécision dans l'azimut de l'une de ses extrémités, les segments entrant bout à bout; 4° et 5° L'arc est scindé en deux fractions principales traitées indépendamment, l'une allant de Médenine à Ripaille, l'autre de Ripaille à Utvœr, les segments entrant encore bout à bout; 6° L'arc est divisé dans sa totalité en six segments chevauchant les uns sur les autres depuis Médenine jusqu'à Utvœr; 7° L'arc est encore divisé en six segments,

mais les relais sont différents de ceux du calcul précédent; 8° et 9° L'arc est de nouveau scindé en deux fractions principales, traitées indépendamment, l'une allant de Médenine au Chasseral par le chevauchement de sept segments, l'autre du Chasseral à Utvœr par le chevauchement de onze segments; 10° L'arc est de nouveau divisé en six segments chevauchant à partir de Médenine, mais aboutissant à des relais différents de ceux des sixième et septième calculs; 11° L'arc est divisé en cinq segments chevauchant toujours depuis Médenine, le dernier aboutissant à Fugleness point extrême Nord de l'arc; 12° L'arc est divisé en trois grandes fractions dont la dernière s'arrête à Hoïkors.

C'est par comparaison avec un ellipsoïde déjà établi, en l'espèce l'ellipsoïde international, d'aplatissement égal à $\frac{1}{297}$, qu'ont été posées les données du problème. Chacune des douze combinaisons a conduit à l'établissement d'équations de condition en nombre égal à celui des segments qu'elle comprenait.

Si C est la longueur d'un segment mesuré sur le terrain au moyen des opérations géodésiques et T la longueur théorique donnée par les tables de l'ellipsoïde international, chaque équation de condition est de la forme

$$C - T = \frac{C}{a}\partial a + \left[-\alpha\left(\frac{1}{4}+\frac{6}{64}e^2\right) + \left(\frac{3}{4}+\frac{24}{64}e^2\right)\sin\alpha\cos 2\lambda + \frac{15}{64}e^2\sin 2\alpha\cos 4\lambda \right] a\,\partial e^2,$$

dans laquelle a est le demi grand axe de l'ellipsoïde, e l'excentricité, α l'amplitude angulaire, λ la colatitude moyenne du segment et dont les inconnues sont ∂a et ∂e^2. Traités par la méthode des moindres carrés, ces groupes d'équations donnent chaque fois deux équations finales d'où sont tirés ∂a et ∂e^2 et, par suite, l'aplatissement. Que les segments aient été choisis bout à bout ou qu'ils procèdent de chevauchements depuis Médenine, les données des diverses combinaisons ont été formées d'après les chiffres suivants :

Stations astronomiques formant relais.	Latitudes astronomiques.	Longueurs des arcs depuis l'Équateur, tirées des triangulations.	Longueurs des arcs comptées sur l'ellipsoïde international.	Différences entre les longueurs mesurées et théoriques.
	° ′ ″	M	M	m
Médenine..........	33.22.28,00	3 694 333,61 (1)	3 694 333,61	0
Kairouan...........	35.43. 4,58	3 954 420,63	3 954 309,33	+111,30
Carthage...........	36.51. 6,50	4 080 224,69	4 080 131,30	+ 93,39
Carloforte..........	39. 8. 8,93	4 333 730,75	4 333 654,83	+ 75,92
Pertusato..........	41.22.20,54	4 582 096,00	4 582 008,36	+ 87,64
Ajaccio.............	41.54.49,05	4 642 284,55	4 642 125,12	+159,43

(1) Pour permettre la suite des comparaisons, la valeur de l'arc supposé mesuré depuis l'Équateur jusqu'à Médenine est celle de l'ellipsoïde international.

Stations astronomiques formant relais.	Latitudes astronomiques.	Longueurs des arcs depuis l'Équateur, tirées des triangulations.	Longueurs des arcs comptées sur l'ellipsoïde international.	Différences entre les longueurs mesurées et théoriques.
	° ′ ″	M	M	m
Alistro.............	42.15.27,70	4 680 678,21	4 680 343,76	+334,45
Ile Rousse..........	42.38.18,94	4 722 013,92	4 722 656,18	−642,26
Bastia..............	42.41.51,85	4 729 212,12	4 729 226,20	− 14,08
Porquerolles........	42.59.46,19	4 762 767,33	4 762 379,49	+387,84
Moulin-Paillas......	43.12.59,72	4 787 116,76	4 786 868,31	+248,45
Nice................	43.43.17,00	4 843 404,61	4 842 954,28	+450,33
Aiguilles...........	44.46.41,90	4 960 469,97	4 960 399,53	+ 70,44
Séez................	45.37.25,15	5 054 393,27	5 054 350,83	+ 42,44
Ripaille............	46.23.48,99	5 139 992,82	5 140 305,89	−313,07
Chasseral...........	47. 7.52,99	5 222 058,16	5 221 954,05	+104,11
Solitude,...........	48.47.11,95	5 405 942,51	5 406 008,68	− 66,17
Feldberg-en-Taunus..	50.13.54,37	5 556 727,48	5 566 739,66	− 12,18
Brocken.............	51.48.10,59	5 741 007,66	5 741 536,76	−529,10
Dietrichshagen......	54. 6.30,16	5 997 876,93	5 998 107,88	−230,95
Copenhague..........	55.40.43,26	6 172 787,00	6 172 923,61	−136,61
Himmelskullen.......	56.53.25,97	6 307 691,00	6 307 866,43	−175,43
Marstrand...........	57.53.19,17	6 418 827,47	6 419 027,47	−200,00
Dragonkullen........	59. 5.55,59	6 553 725,53	6 553 823,53	− 98,00
Jonsknuden..........	59.40.15,48	6 617 418,70	6 617 569,39	−150,69
Hoïkors.............	60.29. 0,03	6 708 022,04	6 708 082,89	− 60,85
Nœverfjeld..........	61.12. 9,28	6 788 296,93	6 788 228,32	+ 68,61
Gien................	62.23.31,68	6 920 561,46	6 920 800,90	−239,44
Graakallen..........	63.25.24,24	7 035 365,02	7 035 751,19	−386,17
Bodö................	67.15.47,35	7 463 669,79	7 463 893,69	−223,90
Utvœr,..............	69.52.15,25	7 754 626,84	7 754 784,49	−157,65
Fugleness...........	70.40.11,23	7 843 681,34	7 843 916,57	−235,23

Le nombre final $235^{M},33$ représente la différence entre la longueur totale de l'arc de méridien déduite des triangulations, soit $4\,149\,347^{M},73$ et la longueur prise sur l'ellipsoïde international, soit $4\,149\,582^{M},96$.

Les douze combinaisons étudiées ont conduit aux solutions suivantes :

Combinaisons.	∂a.	∂e^2.	Demi-grand axe a.	Carré de l'excentricité e^2.	Inverse de l'aplatissement $\left(\frac{1}{\alpha}\right)$.
	M		m		
1re.....	− 175	−0,00052092	6.378212,76	0,00620175	274
2e.....	+ 459	+0,00014256	6.378846,74	0,00686523	303
3e.....	− 524	−0,00052346	6.377864,29	0,00619921	274
4e.....	+1002	+0,00020090	6.379390,43	0,00692357	306
5e.....	− 64	−0,00093528	6.378324,44	0,00578739	256
6e.....	+ 376	+0,00016201	6.378763,52	0,00688468	304
7e.....	+ 269	+0,00022872	6.378657,44	0,00695139	307
8e.....	+1299	+0,00065033	6.379687,08	0,00737300	326
9e.....	+ 766	−0,00049896	6.379153,61	0,00622371	275
10e.....	+ 375	+0,00019849	6.378762,60	0,00692116	306
11e.....	+ 474	+0,00020064	6.378861,88	0,00692331	306
12e.....	+ 206	+0,00006290	6.378594,10	0,00678557	300

Malgré la diversité de ces résultats, une constatation d'ensemble de très grand intérêt se présente aux yeux : Quelle que soit, en effet, la combinaison envisagée, il apparaît que chaque fois que l'arc a été scindé en deux parties par une division à hauteur du Jura moyen, la fraction méridionale a toujours conduit à des aplatissements inférieurs à celui de l'ellipsoïde international, tandis que la fraction septentrionale a conduit à des aplatissements supérieurs. Or de l'étude de la Méridienne de Paris, il est résulté une conclusion analogue pour un point situé approximativement sur le même parallèle. On peut donc imaginer sur la surface de la Terre, le long d'un parallèle proche du Parallèle Moyen, tout au moins dans l'intervalle des deux méridiens de Paris et des Alpes françaises, la rencontre de deux ellipsoïdes théoriques non osculateurs dont l'aplatissement serait plus fort pour celui du Nord que pour celui du Sud.

Quoique la méthode des moyennes ne procède pas ici d'un principe très rigoureux, il peut être intéressant de tirer des douze ellipsoïdes revêtant l'Arc de Méridien des Alpes françaises les valeurs moyennes des différentes caractéristiques. J'ai ainsi obtenu pour

Le demi-grand axe....................	$6.378759^{m},91$
Le demi-petit axe....................	$6.357440^{m},00$
L'aplatissement......................	$\frac{1}{293,3}$
Le carré de l'excentricité.............	0,00666999

M. E. **Mathias** demande à l'Académie de considérer comme non avenue sa note du 14 mai 1928 (1), la photographie qui lui a été envoyée de Zurich n'étant pas une photographie d'éclairs.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

La participation française à la révision des longitudes mondiales (octobre-novembre 1926), par Armand Lambert.

(1) *Comptes rendus*, **186**, 1928, p. 1334.

GÉOMÉTRIE. — *Sur la théorie des courbes algébriques.* Note de M. **Léon Pomey**, transmise par M. Paul Appell.

I. Maints géomètres (Poncelet, Chasles, Gergonne, etc.) ont insisté sur l'intérêt qu'il y a à rattacher le plus grand nombre possible de vérités particulières, paraissant même parfois indépendantes, à des principes généraux qui les coordonnent et les condensent. Les principes que nous indiquons ci-après fournissent, grâce à leur généralité et à leur simplicité, une méthode commode pour l'étude de certaines propriétés des courbes algébriques : ils se prêtent aussi bien à l'obtention de résultats nouveaux qu'à l'enchaînement dans un ordre naturel et logique de propositions connues. Ils s'étendent d'ailleurs immédiatement à l'espace; mais, pour abréger, nous ne les formulerons ici que pour les courbes planes. Ils contiennent en particulier les propriétés des involutions du troisième ordre, que M. P. Appell a prises pour base de la théorie des cubiques gauches (*Thèse*, 1876) et dont il a montré alors toute l'importance.

II. *Hypothèses générales.* — Soit un système ponctuel (ou tangentiel) de courbes algébriques planes C_m de degré (ou classe) m, dépendant *linéairement* de $(n-1)$ paramètres. On suppose que ces courbes ont K points (tangentes) fixes en commun avec une courbe *unicursale* Γ_p de degré (classe) p, K étant $\leqq \frac{m(m+3)}{2}-(n-1)$; et de plus que ces K points (tangentes) comptent pour $(pm-n)$ dans l'ensemble des pm éléments communs à Γ_p et à une C_m quelconque, de sorte que $K = pm-n-\delta$, si, parmi ces K pivots (bases), il y en a δ qui sont des points (tangentes) doubles pour Γ_p, et, plus généralement, en posant $\delta = \frac{1}{2}\Sigma h(h-1)\delta_h$, s'il y en a δ_h qui sont multiples d'ordre h ($h = 2, 3, \ldots$) pour Γ_p. En outre, si $p-3<m$, on doit supposer qu'on ait $\frac{(p-1)(p-2)}{2}-\delta<n$, ou $p<\frac{3+\sqrt{8(n+\delta)+1}}{2}$.

Théorèmes généraux. — 1. Les n points (tangentes) mobiles que Γ_p et une C_m quelconque ont encore en commun et que définissent sur Γ_p les paramètres $t_1, t_2, \ldots, t_n$, engendrent en se déplaçant (en roulant) sur Γ_p, quand C_m varie, une *involution d'ordre n*. Un tel groupe de n éléments homologues — que nous désignerons à l'occasion par leurs paramètres t_i — sera dit former une *n-ade*.

2. Soient n autres courbes C_μ de degré (ou classe) μ, ayant en commun

$$\frac{\mu(\mu+3)}{2}-(n-1)$$

points (tangentes), dont K′ en commun avec Γ_p et comptant pour $(p\mu-n)$ dans l'intersection (dans l'ensemble des tangentes communes) avec Γ_p. Si chacune de ces n courbes

contient une n-ade de l'involution engendrée par les C_m, toute autre courbe de degré (classe) μ, qui possédera aussi une n-ade et qui aura $\frac{\mu(\mu+3)}{3} - n$ éléments en commun simultanément avec les n courbes C_μ, fera partie du système ponctuel (tangentiel) défini par ces n courbes, et par suite contiendra (touchera) également le dernier point (la dernière tangente) qu'elles ont toutes en commum.

3. Il y a n des courbes C_m, distinctes en général, qui ont avec Γ_p un contact d'ordre $(n-1)$, en dehors des éléments fixes communs. Les n points (tangentes) de contact, de paramètres $\theta_1, \ldots, \theta_n$ seront les *éléments n-uples* de l'involution [1]. D'une manière générale, dans le système des courbes C_m, il y en a $(n-\lambda)$ qui, ayant avec Γ_p un contact d'ordre $(\lambda-1)$ en un point donné D (suivant une tangente D), ont encore par ailleurs avec Γ_p un autre élément de contact d'ordre $(n-\lambda-1)$, λ étant égal à 1, 2, ..., ou $(n-1)$; soient $\theta_1^{(\lambda)}, \theta_2^{(\lambda)}, \ldots, \theta_{n-\lambda}^{(\lambda)}$ les paramètres des $(n-\lambda)$ éléments de contact correspondants.

4. Si n est impair, les n éléments n-uples θ_i forment une n-ade. Donc en particulier, si les courbes C_m ont $\frac{m(m+3)}{2} - (n-1)$ éléments communs fixes, ceux-ci forment, avec les θ_i, un groupe de $\frac{m(m+3)}{2} + 1$ éléments qui appartiennent à une même courbe C_m. De même, lorsque $n-\lambda$ est impair, il y a une des courbes C_m qui ayant avec Γ_p un contact d'ordre $(\lambda-1)$ au point (suivant la tangente) D, contient encore les $(n-\lambda)$ éléments de contact $\theta_i^{(\lambda)}$.

5. Si l'on considère la courbe C_m qui, d'après 3 a un contact d'ordre $(n-2)$ avec Γ_p en un point donné (suivant une tangente donnée) D de paramètre t, l'élément restant E, commun à cette courbe C_m et à Γ_p, est l'*harmonique* de D par rapport aux n éléments n-uples θ_i, en entendant par là que son paramètre t' est relié à t par la relation

$$\frac{n}{t-t'} = \frac{1}{t-\theta_1} + \frac{1}{t-\theta_2} + \ldots + \frac{1}{t-\theta_n}.$$

De même, E sera l'harmonique de D par rapport aux $(n-\lambda)$ éléments de contact $\theta_i^{(\lambda)}$ du théorème 3, avec $\lambda = 1, 2, \ldots, (n-1)$.

6. Si n est impair, il existe en général un groupe et un seul de $\frac{n+1}{2}$ éléments *critiques* de l'involution, dont les homologues sont indéterminés. Si n est pair, à chaque élément de l'involution correspond un groupe bien déterminé de $\frac{n}{2}$ éléments tels que les $\left(\frac{n}{2}-1\right)$ homologues restants soient indéterminés.

---

[1] Plus généralement, si les points (tangentes) mobiles étaient au nombre de $\nu (> n)$, ces ν éléments homologues appartiendraient à la fois à $\nu-(n-1) = l$ involutions d'ordre ν. Il y aurait alors en général nl courbes C_m du système considéré ayant un contact d'ordre $(n-1)$ avec Γ_p. En particulier, pour $\nu = n$, on a $l = 1$; on retrouve le cas du texte.

III. De ces principes généraux découlent d'innombrables applications (¹). Bornons-nous ici à deux exemples très simples (le second relatif à l'espace) :

1° Une quartique à point triple a un contact du huitième ordre avec neuf des cubiques qui passent par ce point triple; celui-ci et les neuf points de contact sont sur une même cubique;

2° Une cubique gauche, ayant deux directions asymptotiques isotropes, est osculatrice à trois des sphères qui passent par un de ses points et par un autre point. Ces deux points fixes et les trois points d'osculation sont cinq points d'une même sphère.

— Nous ferons connaître ultérieurement une autre série de principes généraux qui sont relatifs aux intersections de courbes de degrés quelconques et qui étendent considérablement les théorèmes de Carnot et de Newton.

ANALYSIS SITUS. — *Sur les nombres de Betti des espaces de groupes clos.* Note (²) de M. E. **Cartan**.

On sait, d'après H. Weyl (³), que l'espace $\mathcal{E}$ représentatif des opérations d'un groupe G continu semi-simple clos d'ordre r est recouvert un nombre fini de fois par son espace simplement connexe de recouvrement $\mathcal{E}'$ (⁴); ce dernier est lui-même l'espace représentatif d'un groupe G′ infinitésimalement isomorphe à G. On sait d'autre part que dans $\mathcal{E}'$ toute variété fermée qui ne rencontre pas les variétés à r-3 dimensions lieux des transformations singulières du groupe est réductible à un point par déformation continue. De là résulte facilement que *les deux premiers nombres de Betti de $\mathcal{E}$ sont nuls.*

La manière même dont ce résultat est obtenu ne laisse pas espérer une généralisation possible en gardant le même point de vue. On peut chercher à aller plus loin en utilisant, avec H. Poincaré, les intégrales multiples de différentielles exactes définies dans l'espace $\mathcal{E}$ et admettant des périodes. On démontre facilement que, pour avoir toutes les intégrales de cette nature, il suffit de se borner au cas où l'élément différentiel est invariant

(¹) Ces théorèmes renferment notamment, comme cas extrêmement particulier, une très curieuse proposition de Steiner (*J. reine angew. Math.*, 32, 1846, p. 300), et ils en fournissent beaucoup d'autres analogues.

(²) Séance du 17 juillet 1928.

(³) H. Weyl, *Theorie der Darstellung kontinuierlicher halb-einfacher Gruppen durch lineare Transformationen* (*Math. Zeitsch.*, 24, 1925, p. 380-381).

(⁴) Voir, pour la détermination effective du groupe de connexion de $\mathcal{E}$, E. Cartan, *La géométrie des groupes simples* (*Annali di Matem.*, 4ᵉ série, 4, 1926-1927, p. 211-218).

par tous les déplacements de l'espace $\mathcal{E}$ (qui est, comme on sait, un espace de Riemann). Il suffit alors, étant donné le groupe linéaire adjoint Γ de G, opérant sur les variables $e_1, \ldots, e_r$, de construire toutes les formes extérieures en $e_1, \ldots, e_r$ invariantes par Γ, et d'y remplacer les e_i par les formes différentielles linéaires ω_i qui entrent dans le symbole $\sum_i \omega_i X_i f$ de la transformation infinitésimale $S_{\xi+d\xi} S_\xi^{-1}$ du groupe. *L'élément d'intégrale multiple ainsi obtenu est de lui-même une différentielle exacte.*

On trouve facilement qu'il n'y a aucune intégrale du premier ou du second ordre de cette nature, ce qui est d'accord avec la propriété des deux premiers nombres de Betti d'être nuls. Mais *il y en a toujours une du troisième ordre*. Si l'on choisit la base infinitésimale du groupe, ce qui est toujours possible de manière que les constantes de structure c_{ijk} forment un trivecteur (¹), cette intégrale est $\int\int\int \sum^{i,j,k} c_{ijk}\omega_i\omega_j\omega_k$. Étendue à la variété fermée à trois dimensions représentative d'un sous-groupe simple à trois paramètres de G, elle a une valeur différente de zéro. *Le troisième nombre de Betti de l'espace d'un groupe semi-simple clos n'est donc jamais nul* (²).

Les intégrales de différentielles exactes de la forme générale indiquée ci-dessus peuvent être formées par voie purement algébrique; on peut même démontrer assez facilement que *leur nombre total, pour un groupe de rang l, est* $2^l - 1$. Aucune d'elles ne se déduit, par la formule de Stokes généralisée, d'une intégrale multiple d'ordre moindre d'une unité. Malheureusement, on ne pourrait en déduire avec certitude qu'elles admettent toutes au moins une période que si l'on avait démontré le théorème suivant (³).

THÉORÈME A. — *Si une intégrale de différentielle exacte d'ordre p, définie dans l'espace clos $\mathcal{E}$, est nulle pour tout domaine d'intégration fermé à p dimensions, elle résulte, par application de la formule de Stokes généralisée, d'une intégrale multiple d'ordre p-1* (*définie et régulière dans tout l'espace*).

D'autre part, pour qu'on pût déduire du nombre des intégrales multiples considérées des conclusions précises sur les nombres de Betti de l'espace,

---

(¹) Cela signifie que, par une permutation impaire ou paire effectuée sur les indices, la constante c_{ijk} se reproduit avec ou sans changement de signe.

(²) Ce nombre est au moins égal au nombre des sous-groupes invariants simples de G.

(³) Il est bien connu que ce théorème et vrai *localement;* il est évident pour $p = 1$.

il faudrait être également certain du théorème suivant, vérifié dans la théorie des courbes algébriques.

THÉORÈME B. — *Si l'on considère h variétés fermées à p dimensions entre lesquelles n'existe aucune homologie, il existe h intégrales de différentielles exactes telles que le tableau carré des valeurs de ces intégrales étendues aux h variétés ait un déterminant différent de zéro.*

Si ces deux théorèmes étaient démontrés, la détermination des nombres de Betti d'un espace de groupe semi-simple clos serait ramenée à un problème d'algèbre parfaitement abordable (1). Citons en particulier le cas du groupe unimodulaire d'une forme d'Hermite définie positive à n variables : les nombres de Betti de son espace représentatif seraient les coefficients du polynome

$$(t^3+1)(t^5+1)\ldots(t^{2n-1}+1).$$

Des considérations analogues seraient applicables aux espaces clos admettant un groupe continu transitif clos G de transformations (espace projectif complexe ponctuel, ou réglé, etc.). Mais il pourrait s'introduire dans certains cas des intégrales dont l'élément différentiel serait invariant par G sans qu'elles fussent des intégrales de différentielles exactes; elle ne seraient pas sans analogie avec les intégrales de différentielles *semi-exactes* introduites par F. Severi dans la théorie des surfaces algébriques (2).

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur une limite supérieure de la croissance du module maximum d'une fonction entière de genre fini.* Note de M. **SILVIO MINETTI.**

M. Lindelöf, dans son Mémoire *Sur la théorie des fonctions entières de genre fini* (3), a donné la proposition suivante :

Si les modules r_n des zéros d'une fonction entière de genre p, à partir d'un certain nombre d'entre eux, satisfont à la condition

$$r_n > [n(\log n)^{\alpha_1}(\log^2 n)^{\alpha_2}\ldots(\log^\nu n)^{\alpha_\nu}]^{\frac{1}{\rho}} \qquad (p<\rho<p+1),$$

(1) On aurait par cela même résolu le problème pour les groupes simples *ouverts* (E. CARTAN, *Ann. Éc. Norm.*, 3e série, 44, 1927, p. 347 et 377).

(2) F. SEVERI, *Sugl'integrali algebrici semplici e doppi* (*Rendic. Accad. Lincei*, 6e série, 7I, 1928, p. 1-8).

(3) Voir *Acta Societatis Scientiarum Fennicae*, 31, 1903, p. 1, 79.

le module maximum $M(r)$, *pour* $|z| = r$, *de cette fonction vérifie l'inégalité*

$$M(r) < e^{A r^{\rho}(\log r)^{-\alpha_1}(\log^2 r)^{-\alpha_2}\dots(\log^{\nu} r)^{-\alpha_\nu}},$$

où A *est une constante positive.*

Il détermine ensuite la valeur de la constante A pour la fonction de genre zéro et un, et cela à l'aide des expressions asymptotiques de certains produits infinis.

Je donne ici une limite supérieure très précise de la constante A pour une valeur quelconque $p > 0$ du genre. Précisément :

Si le module r_n *du* $n^{\text{ième}}$ *zéro d'une fonction entière de genre* $p > 0$ *fini, à partir d'une certaine valeur de* n, *satisfait à l'inégalité*

$$r_n > [n(\log n)^{\alpha_1}(\log^2 n)^{\alpha_2}\dots(\log^{\nu} n)^{\alpha_\nu}]^{\frac{1}{\rho}}$$

et si ρ *n'est pas entier, en prenant arbitrairement* $\varepsilon > 0$, *on peut déterminer un nombre positif* R *tel que, pour* $r > R$, *on ait, pour le module maximum* $M(r)$ *de la fonction*

$$(1) \qquad M(r) < e^{(1+\varepsilon)\left[\frac{(p+1)\rho^{-\alpha_1+1}}{p(\rho-p)} + \frac{p\rho^{-\alpha_1+1}}{(p+1)(p+1-\rho)}\right] r^{\rho}(\log r)^{-\alpha_1}(\log^2 r)^{-\alpha_2}\dots(\log^{\nu} r)^{-\alpha_\nu}},$$

si $\sum \frac{1}{r_n^{\rho}}$ *est divergente, et*

$$(2) \qquad M(r) < e^{(1+\varepsilon)\frac{(p+1)}{p}\frac{\rho^{-\alpha_1+1}}{(\rho-p)} r^{\rho}(\log r)^{-\alpha_1}(\log^2 r)^{-\alpha_2}\dots(\log^{\nu} r)^{-\alpha_\nu}},$$

si $\sum \frac{1}{r_n^{\rho}}$ *est convergente.*

Et, comme ρ est l'ordre réel de la fonction, on peut dire aussi que les inégalités (1) et (2) ont lieu respectivement suivant que ρ est l'ordre par défaut ou par excès.

Je démontre cette proposition à l'aide de certaines inégalités établies par M. Blumenthal, et en décomposant la fonction entière donnée

$$f(x) - e^{P(x)}\prod_{1}^{\infty} E\left(\frac{x}{a_n}, p\right)$$

en cinq produits partiels.

MOTEURS A EXPLOSION. — *L'influence du plomb tétréthyle sur la déflagration des mélanges carburés gazeux.* Note [1] de M. **R. Duchêne**, présentée par M. Cotton.

Les études que nous poursuivons sur la déflagration des mélanges carburés (*Comptes rendus*, 186, 1928, p. 220), nous ont fourni l'occasion d'examiner l'action du plomb tétréthyle et d'observer des faits qui peuvent contribuer à éclaircir le problème si complexe du mécanisme des actions antidétonantes. Certains de ces résultats ont d'ailleurs été succinctement signalés à la fin de la Note susvisée.

Il ne semble guère douteux que l'action antidétonante intense exercée dans les moteurs, par l'adjonction au carburant de doses de plomb tétréthyle *extrêmement faibles*, doive s'expliquer par la concentration progressive de ce corps dans les gouttelettes du brouillard émis par les gicleurs.

Ceci n'est pas incompatible toutefois avec l'existence possible d'une action de l'antidétonant en milieu gazeux homogène, qui pourrait alors exiger des pourcentages globaux beaucoup plus élevés pour donner des effets sensibles. Cette dernière influence semble nettement mise en évidence par l'enregistrement photographique sur film en translation rapide de la déflagration après allumage par étincelle dont il est ici question [2].

Le dispositif expérimental est celui que nous avons déjà décrit. La combustion s'effectue dans un tube fermé de $23^{mm},5$ de diamètre et de 109^{mm} de longueur dans lequel un mélange gazeux homogène est comprimé adiabatiquement au taux de compression volumétrique de 4-4. La mise de feu se fait automatiquement par l'étincelle électrique, en fin de compression. La charge est de l'air mélangé d'hexane à la température initiale de 80°; cette température et les précautions prises pour préparer le mélange, permettent de considérer comme hors de discussion qu'il est complètement gazeux et

(1) Séance du 17 juillet 1928.

(2) Nous pensons qu'il est utile de rappeler ici les résultats de recherches entreprises dans le même but. La première indication obtenue a été l'absence d'influence sensible sur la température d'inflammabilité adiabatique (Pignot, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 376). Elle a conduit à conclure que, si une influence existe, elle se fait sentir sur l'évolution de la combustion après inflammation (Aubert, Pignot et Villey, *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 1111). Des confirmations nettes en ont été fournies par l'étude de la vitesse de variation de la pression adiabatique (Aubert, Dumanois et Pignot, *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 1298).

homogène. Les proportions d'hexane utilisées correspondent d'ailleurs à des pressions partielles trop inférieures à la tension maxima pour qu'il se produise une recondensation par compression adiabatique.

Nous avons observé les résultats suivants :

a. Avec 8,4 pour 100 (en masse) d'hexane, on obtient un enregistrement photographique très marqué, avec une vitesse de front d'inflammation de l'ordre de 10^m par seconde.

b. Avec 10,1 pour 100 l'enregistrement est très pâle; on peut néanmoins distinguer une ligne de propagation sensiblement identique à la ligne de front d'inflammation précédente.

c. Avec 12,8 pour 100 on n'a plus aucun noircissement décelable sur le film et aucune trace de propagation.

Dans ces trois essais les effets mécaniques de l'explosion ont sensiblement la même intensité mais les colorations des lueurs émises semblent à l'œil, varier du jaune au violet.

Nous avons renouvelé les essais avec de l'hexane additionné de 5 pour 100 de plomb tétréthyle :

L'essai *b'* donne des noirs aussi marqués que l'essai *a*.

L'essai *c'* donne une propagation pâle analogue à celle de l'essai *b*.

Le résultat *c* manifeste une combustion où la proportion des radiations photographiquement actives et susceptibles de traverser l'objectif de verre utilisé, est devenue très faible. Comme il est vraisemblable qu'il y a là propagation détonante, le passage du résultat *c* au résultat *c'* semble bien mettre expérimentalement en évidence, l'*action antidétonante du plomb tétréthyle en milieu gazeux homogène*.

Le passage du résultat *b* au résultat *b'* indique de plus par le critérium direct de la nature de la lumière, une modification de l'évolution chimique de la réaction dans le cas de la déflagration. C'est d'ailleurs cette même conclusion que l'on peut tirer de la série d'essais mentionnés à la fin de notre précédente Note.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Images de la chromosphère solaire obtenues au spectrohéliographe avec la raie infrarouge du calcium ionisé,* λ 8542. Note [1] de M. **L. d'Azambuja**, présentée par M. H. Deslandres.

Grâce à l'emploi de plaques sensibles à l'infrarouge, récemment mises

[1] Séance du 2 juillet 1928.

dans le commerce par la maison Eastman Kodak, j'ai pu obtenir, avec le spectrohéliographe double, à trois fentes, organisé par M. Deslandres à Meudon en 1909 ([1]), d'assez bonnes images de la chromosphère solaire, en isolant la raie du calcium ionisé $\lambda 8542^{\text{Å}}$. Cette raie est la plus importante du groupe dont les composantes sont respectivement à 8498, 8542 et 8662.

La dispersion à la deuxième fente de l'instrument ou fente sélectrice, donnée par un réseau de Rowland (spectre de premier ordre) et une chambre de 7^{m}, est, pour la région étudiée, d'environ $1^{\text{Å}},7$ par millimètre; elle est sensiblement égale à celle du spectrohéliographe qui, à Meudon, enregistre quotidiennement les images K_2 et K_3. Cette circonstance a rendu les comparaisons plus aisées. La lumière parasite, provenant de la superposition des spectres et de la diffusion sur les pièces optiques, est à peu près complètement éliminée par le second spectrographe, entre la deuxième fente et la troisième.

La raie infrarouge ne montre pas le double renversement brillant si bien visible dans les raies violettes H et K. Sur les régions non perturbées du disque solaire, elle offre une partie centrale sombre, large de $0^{\text{Å}},50$ environ, bordée d'ailes peu marquées, assez semblables aux ailes des raies de l'hydrogène. Sur les facules, un renforcement diffus, qui ne paraît pas séparable en composantes, occupe toute la largeur de la partie centrale et se prolonge, sans discontinuité apparente, dans les ailes, où son éclat se confond rapidement avec celui du spectre continu voisin. Au bord, la raie présente l'aspect en fer de lance, habituel aux raies de niveaux élevés. Elle se prolonge faiblement sur les protubérances ([2]).

Les images du disque solaire ont été faites, en général, avec une fente sélectrice large de $0^{\text{mm}},10$ ou $0^{\text{Å}},17$. Elles ont exigé, d'un bord à l'autre, des poses de une heure et demie.

La fente étant placée au centre de la raie, *ces images offrent une très grande analogie avec les images* K_3. *Les plages faculaires brillantes et les*

([1]) H. Deslandres, *Sur une solution générale du spectrohéliographe* (*Comptes rendus*, **148**, 1909, p. 968).

([2]) Ce fait a été reconnu en 1920 par K. Burns (*Lick Observatory Bulletin*, **327**, 1920, p. 67).

J'ai pu, en remplaçant le réseau par les prismes et avec une seconde fente de $2^{\text{Å}}$, obtenir une faible image des protubérances. La structure de celles-ci paraissait semblable à celle des protubérances de calcium (K) ou d'hydrogène (H_α), observées à quelques heures d'intervalle.

filaments sombres ou « absorption markings », qui caractérisent celles-ci, s'y montrent avec netteté.

A des distances croissantes du centre de la raie, l'éclat relatif des plages diminue graduellement, comme on pouvait d'ailleurs s'y attendre d'après l'aspect de la raie. Les filaments sont encore visibles à $0^{\text{Å}},20$ du centre. A la même distance, ils sont à peu près effacés sur les images données par la raie K.

Presque tous les clichés obtenus sont faibles, et je n'ai pu discerner si, aux lisières de la partie centrale ($0^{\text{Å}},20$), le réseau de flocculi du type K_3 n'apparaissait pas mélangé à une granulation particulière, analogue à celle que j'ai reconnue l'année dernière dans les images de la couche renversante [1]. Cette question pourra probablement être éclaircie par l'emploi d'une image solaire plus petite à la troisième fente, permettant une concentration de lumière plus forte.

D'après les mesures de C. Davidson [2], le niveau effectif de la raie infrarouge, pour le spectrohéliographe, est sensiblement inférieur au niveau des raies violettes. Il sera intéressant de vérifier si les images nouvelles, à peu près identiques, à première vue, à celles de la vapeur élevée K_3, ne présentent pas également une analogie de structure avec les vapeurs basses de la couche renversante.

GÉODÉSIE. — *Déterminations de positions astronomiques au moyen de l'astrolabe à prisme.* Note [3] de M. **Louis Pirot**, présentée par M. P. Helbronner.

Le *Lamotte-Picquet* bâtiment Amiral de la 1re Escadre Légère ayant été pourvu par le Service hydrographique de la Marine d'un astrolabe à prisme, l'instrument a été utilisé à la détermination des positions astronomiques de la plupart des points de relâche du bâtiment au cours des croisières de 1927.

I. *Conditions générales des observations.* — L'instrument employé est l'astrolabe à prisme Claude et Driencourt, modèle géodésique de Jobin. La presque totalité des observations ont été exécutées par une équipe à la tête de laquelle était placé comme observateur le lieutenant de vaisseau Perzo.

---

(1) L. d'Azambuja, *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 637.

(2) C. Davidson, *Monthly Notices of the R. A. S.*, 87, 1927, p. 350.

(3) Séance du 17 juillet 1928.

Tous les calculs et réductions ont été faits par nous-même avec uniformité complète en ce qui concerne les méthodes de calcul et les éléments puisés dans les éphémérides. Le compteur de temps moyen servant aux observations était comparé à deux chronomètres de temps moyen. Ces chronomètres étaient eux-mêmes réglés par les signaux rythmés de la Tour Eiffel pris dans la très grande majorité des cas de part et d'autre et le plus près possible de la séance d'observations.

II. *Positions astronomiques déterminées.* — Nous donnons ci-dessous, pour chacune des stations, les résultats des observations à l'astrolabe, exprimés sous la forme de coordonnées x et y, suivant le parallèle et le méridien, du zénith astronomique de la station par rapport à la position géodésique, avec, pour chaque coordonnée, l'erreur moyenne de la moyenne des déterminations y afférentes, ex et ey.

A. *Saint-Vincent du Cap Vert.* — Trois séances d'observations les 16 et 17 juin et 12 septembre 1927. En tout 57 étoiles. Par rapport à la position géodésique relevée sur le plan n° 3477 du Service hydrographique de la Marine, il a été trouvé :

$$x = +18'',94, \quad y = +5'',26, \quad ex = \pm 0'',37, \quad ey = \pm 0'',38$$

[date moyenne 1927, 606 (10 août)].

B. *Basse-Terre* (Guadeloupe). — 25 juin 1927. 23 étoiles.

Par rapport à la position géodésique relevée sur la carte n° 3127,

$$x = -13'',44, \quad y = -14'',78, \quad ex = \pm 0'',68, \quad ey = \pm 0'',58.$$

C. *Les Saintes.* — Deux séances d'observations les 29 et 30 juin 1927. Au total 25 étoiles. Par rapport à la position géodésique relevée sur le plan n° 3129 du Service hydrographique de la Marine, il a été trouvé

$$x = -43'',86; \quad y = -5'',90; \quad ex = \pm 0'',35; \quad ey = \pm 0'',45.$$

Cette erreur considérable en longitude paraît imputable au seul plan 3129. Si en effet on déduit la position géodésique de celle donnée par la carte n° 3127 pour le mât de signaux du port de Basse-Terre, on trouve

$$x = -4'',50; \quad y = -6'',90.$$

D. *Fort-de-France* (Martinique). — Deux séances, les 5 et 7 juillet 1927. Au total 24 étoiles. Position géodésique relevée sur le plan n° 3782. Corrections :

$$x = +5'',70; \quad y = -8'',94; \quad ex = \pm 0'',7; \quad ey = \pm 0'',6.$$

E. *Port d'Espagne* (Île de la Trinidad). — 10 juillet 1927. 30 étoiles. Position géodésique relevée sur le plan n° 1671. Corrections :

$$x = +30'',49; \quad y = -0'',12; \quad ex = \pm 0'',42; \quad ey = \pm 0'',41.$$

Une détermination télégraphique de la longitude effectuée en 1876, par

le lieutenant-commander Green, de la Marine américaine avait donné

$$x = 29'',80.$$

F. *Cayenne* (Guyane). — 14 juillet 1927. 51 étoiles. Position géodésique relevée sur la carte n° 2386. Corrections :

$$x = +14'',98; \quad y = -0'',95; \quad ex = \pm 0'',36, \quad ey = \pm 0'',40.$$

G. *Ilôts Abrolhos* (côte du Brésil). — Faites dans les conditions de temps les plus déplorables et avec une table de calage hâtivement préparée, les observations de la soirée du 26 juillet 1927 près du phare des Abrolhos ont donné des résultats de peu de précision. Ces résultats pourront d'ailleurs être amendés car sur les 22 étoiles observées, 6 seulement ont pu être calculées, les 16 autres ne figurent pas au Catalogue de Bossert, seul document alors à notre disposition. Nous donnons ci-dessous comme première approximation les résultats ainsi obtenus qui, malgré leur faible précision, font ressortir une forte erreur en longitude.

Par rapport à la position relevée sur le plan n° 1996, les corrections trouvées sont

$$x = -29'',00; \quad y = +11'',0; \quad ex = \pm 2'',10; \quad ey = \pm 2'',70.$$

H. *Pernambouc* (Brésil). — Observations les 6 et 7 septembre 1927. 27 étoiles en tout. Position géodésique relevée sur le plan n° 4275. Corrections :

$$x = -2'',22; \quad y = -0'',62; \quad ex = \pm 0'',50; \quad ey = +0'',65.$$

III. *Déviation de la verticale à Basse-Terre* (Guadeloupe). — Nous avons pu avoir une bonne détermination de la déviation de la verticale à Basse-Terre dans les conditions suivantes :

Nos observations à l'astrolabe ont donné comme position astronomique du mât de signaux du port de Basse-Terre

$$L_a = 15°59'35'',2\,\text{N}, \qquad G_a = 64°04'36'',7\ \text{W. Paris.}$$

D'autre part, nous avons observé aux Saintes et déterminé avec une bonne précision la position de l'église du bourg des Saintes. Les conditions orographiques permettant d'escompter en ce dernier point une déviation locale peu importante de la verticale, si, nous servant de la triangulation de la carte n° 3127, nous rapportons à la position de l'église des Saintes celle du mât de signaux de Basse-Terre, nous obtenons comme coordonnées géodésiques de ce point

$$L_g = 15°59'41'',1\ \text{N}, \qquad G_g = 64°04'30'',4\ \text{W Paris.}$$

Par comparaison des coordonnées on obtient donc

$$X = -6'',1 \qquad Y = -5'',9,$$

ce qui donne une déviation de la verticale de 8″,5 vers le NE, soit exactement dans la direction du centre de gravité du massif volcanique de la Soufrière qui domine Basse-Terre. Nos études antérieures sur la déviation de la verticale permettent également de considérer la valeur de 8″,5 comme satisfaisante eu égard à l'importance du massif orographique en cause.

PHYSIQUE. — *Action de mélange des sels sur le cuivre.* Note [1] de M. **A. Launert** [2], transmise par M. H. Le Chatelier.

L'action des sels sur les métaux : changements de résistivité et de densité, etc., peuvent être expliqués par l'absorption des vapeurs des sels.

Afin de vérifier cette hypothèse, nous avons chauffé des baguettes de cuivre dans des divers mélanges des sels. A des températures égales les pressions des vapeurs sublimées dépendent des proportions relatives des sels dans le mélange.

Nous avons employé les mélanges des sels suivants :

$$KCl - S^2Cl^2,\quad KCl - BaCl^2 \quad \text{et} \quad S^2Cl^2 - BaCl^2.$$

Les données thermiques concernant ces mélanges sont citées dans les *Tables Annuelles des Constantes*, 4, p. 190 et 186.

Les expériences ont été faites de la même manière que celles de M. Peczalski [3].

Les diamètres des baguettes chauffées étaient de $3^{cm},55$ et leurs longueurs de 20^{cm} environ. Les baguettes étaient mises dans des tubes de fer de 50^{cm} de longueur et puis dans le four électrique de 30^{cm} de longueur. Il y avait à la fois dans le four sept de ces tubes et un couple thermo-électrique. Les tubes étaient remplis soit de sels purs, soit de mélanges binaires; avec les longs tubes de fer complètement remplis de sels pulvérisés et bien desséchés, nous avons évité l'oxydation des baguettes. Les températures de chauffage ont toujours été inférieures aux points eutectiques des mélanges salins. Nous avons mesuré la résistivité ρ et le diamètre d des baguettes, la température de chauffage t et la durée du chauffage τ en minutes.

---

(1) Séance du 17 juillet 1928.

(2) Voir J. Peczalski et A. Launert, *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 1962, et 179, 1924, p. 887. — J. Peczalski, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 516.

(3) *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 1813.

SÉRIE I. — *Mélanges des sels* KCl-SrCl².

$d_0 = 3,55$; $\rho_0 . 10^3 = 16,60$; $\tau = 40$; $t = 530$.

Proportion des sels. KCl....	100	75	53,3	48,5	37,4	19	0
SrCl² ...	0	25	46,5	51,5	62,6	81	100
d........	3,615	3,625	3,629	3,653	3,623	3,658	3,611
$\rho . 10^3$	17,54	17,75	17,81	18,20	17,73	18,26	17,52

SÉRIE II.

$d_0 = 3,55$; $\rho_0 . 10^3 = 16,60$; $\tau = 40$; $t = 550$.

Proportion des sels. KCl....	100	75	53,5	48,5	37,4	19	0
SrCl² ...	0	25	46,5	51,5	62,6	81	100
d........	3,64	3,664	3,687	3,655	3,679	3,652	3,649
$\rho . 10^3$	17,96	18,32	18,58	18,18	18,65	18,18	18,10

SÉRIE III. — *Mélanges des sels* KCl-BaCl².

$d_0 = 3,55$; $\rho_0 . 10^3 = 16,60$; $\tau = 14$; $t = 625$.

Proportion des sels. KCl....	100	75	51,8	41,7	30,4	15	0
BaCl² ...	0	25	48,2	58,3	69,6	85	100
d........	3,642	3,636	3,632	3,638	3,633	3,597	3,595
$\rho . 10^3$	18,09	17,98	17,90	17,96	17,93	17,29	17,27

SÉRIE IV. — *Mélanges des sels* SrCl²-BaCl².

$d_0 = 3,55$; $\rho_0 . 10^3 = 16,60$; $\tau = 7$; $t = 725$.

Proportion des sels. SrCl² ...	100	80	58,57	40	80	0
BaCl² ...	0	20	41,42	60	20	100
d...........	3,679	3,683	3,679	3,686	3,674	3,656
$\rho . 10^3$........	19,01	19,13	19,13	19,03	18,75	18,60

Dans les séries I, II, III, les chiffres donnés sont des moyennes de trois mesures; dans la série IV des moyennes de deux mesures.

De ces expériences nous concluons que l'action des mélanges des sels sur le cuivre permet de découvrir les combinaisons chimiques entre les sels et leurs points eutectiques.

TÉLÉGRAPHIE SANS FIL. — *Les phénomènes de propagation des ondes radiotélégraphiques.* Note (1) de M. **R. Jouaust**, présentée par M. G. Ferrié.

On ne saurait douter aujourd'hui que les grandes portées réalisées par les ondes radiotélégraphiques en particulier par celles inférieures à 100^m sont dues à des propriétés particulières de la haute atmosphère, mais le mécanisme de la propagation de ces ondes est encore mal connu. On admet l'existence dans la partie supérieure de la stratosphère d'une couche fortement ionisée qui renverrait vers le sol les ondes rayonnées dans l'espace par une réflexion ou plus exactement par une réfraction, c'est-à-dire par un phénomène du même genre que le mirage.

Mais cette explication ne rend pas compte de divers faits observés. Les ondes réfractées ne pourraient revenir au sol qu'à une distance assez éloignée du transmetteur et l'on a pu constater en produisant des signaux brefs l'existence d'échos, existence qui se manifeste déjà à quelques kilomètres du poste émetteur. Ces échos parfois multiples semblent provenir d'une altitude de 200 à 400^{km}, altitude qui varie souvent en quelques instants. Enfin la théorie de la réfraction nécessite une certaine homogénéité de la haute atmosphère et les divers auteurs qui ont cherché à la traiter mathématiquement ont dû admettre pour la densité ionique (nombre d'électrons par unité de volume) une loi de variation régulière en fonction de l'altitude.

Cette dernière hypothèse paraît peu vraisemblable. Les relations entre l'activité solaire et l'état magnétique terrestre semblent bien indiquer, comme l'ont montré tout récemment encore les travaux de Maurain, que les variations des constantes magnétiques sont dues à une ionisation à grande altitude provoquée par des particules émanées du soleil, les mêmes dont l'arrivée dans notre atmosphère se manifeste souvent par des aurores.

Le fait que les échos semblent provenir d'une hauteur qui correspond à celle des aurores, que d'autre part la raie verte caractéristique des aurores est visible sous toutes les latitudes, conduit à supposer que ce sont ces mêmes causes d'ionisation qui interviennent dans la propagation des ondes.

Cette émission de particules électrisées par le soleil présente évidemment le même caractère de discontinuité que l'émission d'électrons par les corps

(1) Séance du 17 juillet 1928.

incandescents (effet Schottky). Il est donc probable que la densité ionique de la haute atmosphère présente d'importantes fluctuations et qu'on doit considérer que les couches élevées de la stratosphère contiennent des nuages d'électrons dont les dimensions sont du même ordre que celles des ondes radiotélégraphiques.

Ces nuages électroniques seraient donc capables de diffuser les ondes dans toutes les directions.

Sans prétendre qu'il faille chercher à expliquer par la diffusion tous les faits observés en radiotélégraphie, nous voulions attirer l'attention sur un phénomène qui est susceptible de jouer un rôle important et qui, à notre connaissance, a été complètement négligé par tous les physiciens qui se sont occupés de la question.

OSCILLATIONS ÉLECTRIQUES. — *Stabilisation des oscillations de relation.* Note (¹) de MM. **F. Bedeau** et **J. de Mare**, présentée par M. Ch. Fabry.

On sait que lorsqu'on monte en série une pile, une résistance et une capacité, cette dernière se charge suivant une loi exponentielle et qu'au bout d'un temps théoriquement infini la différence de potentiel aux bornes de la capacité est égale à la force électromotrice E de la pile. Il est bien connu encore que si l'on monte en parallèle aux bornes de la capacité une lampe comportant deux électrodes dans une atmosphère de néon, celle-ci s'allume si la tension V aux bornes atteint une certaine valeur V_1 et qu'elle ne s'éteint que pour une tension V_2 inférieure à V_1. Si par conséquent E est plus grand que V_1, la lampe s'allumera périodiquement. Van der Pol a donné le nom d'oscillations de relaxation aux oscillations qui se produisent dans le circuit et il a fait remarquer dans une conférence récente que la période de telles oscillations n'était pas très constante. Nous nous sommes proposé de stabiliser de ces oscillations au moyen d'un diapason et de mesurer ensuite la fréquence du diapason.

Nous utilisons un diapason entretenu électriquement et monté comme il a été indiqué dans une Note précédente (²).

Avec un tel montage, on obtient dans le circuit de plaque de la dernière triode un courant I de période T égale à celle du diapason et représenté en fonction du temps par une courbe en « grecques ». Pour fixer les idées,

(¹) Séance du 17 juillet 1928.
(²) F. Bedeau et J. de Mare, *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1161.

nous poserons que $T = 10^{-3}$ seconde. Soit alors un circuit comprenant une pile de force électromotrice E, une résistance R, une capacité C, aux bornes de laquelle est branchée une lampe à néon s'allumant pour une tension $V_1 < E$. Intercalons encore dans ce circuit le secondaire d'un transformateur dont le primaire est traversé par le courant I. Choisissons R et C de telle sorte que la période Θ de l'oscillation de relaxation soit légèrement supérieure à 10^{-2} seconde. En l'absence du courant I et au bout d'un temps 10 T, la tension aux bornes de la lampe à néon serait $V'_1 < V_1$; la lampe ne s'allumerait pas. Mais à l'heure 10 T, le courant I produit une impulsion dans le circuit comprenant R et C, la tension monte à V_1; la lampe s'allume et s'éteint immédiatement. On obtiendra donc une série « d'éclairs » se succédant à des intervalles de temps égaux à 10 T, c'est-à-dire à 10^{-2} seconde.

En fait nous avons utilisé simultanément trois circuits produisant des oscillations de relaxation; le premier, celui dont nous avons parlé a sa fréquence stabilisée par le courant du diapason; il stabilise à son tour la fréquence d'un deuxième circuit de période $\Theta' = 10^2 T = 10^{-1}$ seconde. Ce deuxième circuit stabilise enfin la fréquence d'un troisième circuit de période $\Theta'' = 10^3 T = 1$ seconde.

En définitive, on obtient simultanément avec les trois lampes, trois groupes « d'éclairs » se produisant à des intervalles de temps 10^{-2}, 10^{-1} et 1 seconde.

On observe alors stroboscopiquement des diapasons vibrant librement avec des périodes égales à 10^{-2} et 10^{-1} seconde. On peut ainsi contrôler la fréquence du diapason entretenu électriquement.

On pourra vraisemblablement, au moyen de la dernière lampe à néon s'allumant à la fréquence 1, comparer cette fréquence à celle d'une horloge.

Si la fréquence du diapason entretenu électriquement est exactement connue, on pourra en déduire, ainsi qu'il a été dit dans la Note citée précédemment, les fréquences utilisées en radiotélégraphie.

SPECTROSCOPIE. — *Sur le spectre d'absorption de l'oxyde azotique.* Note de M. **Maurice Lambrey**, présentée par M. Ch. Fabry.

Les courbes publiées dans cette Note représentent en fonction de la longueur d'onde λ le coefficient d'absorption α de l'oxyde azotique gazeux NO, ce coefficient étant défini comme la densité optique d'une couche de 1^{cm}

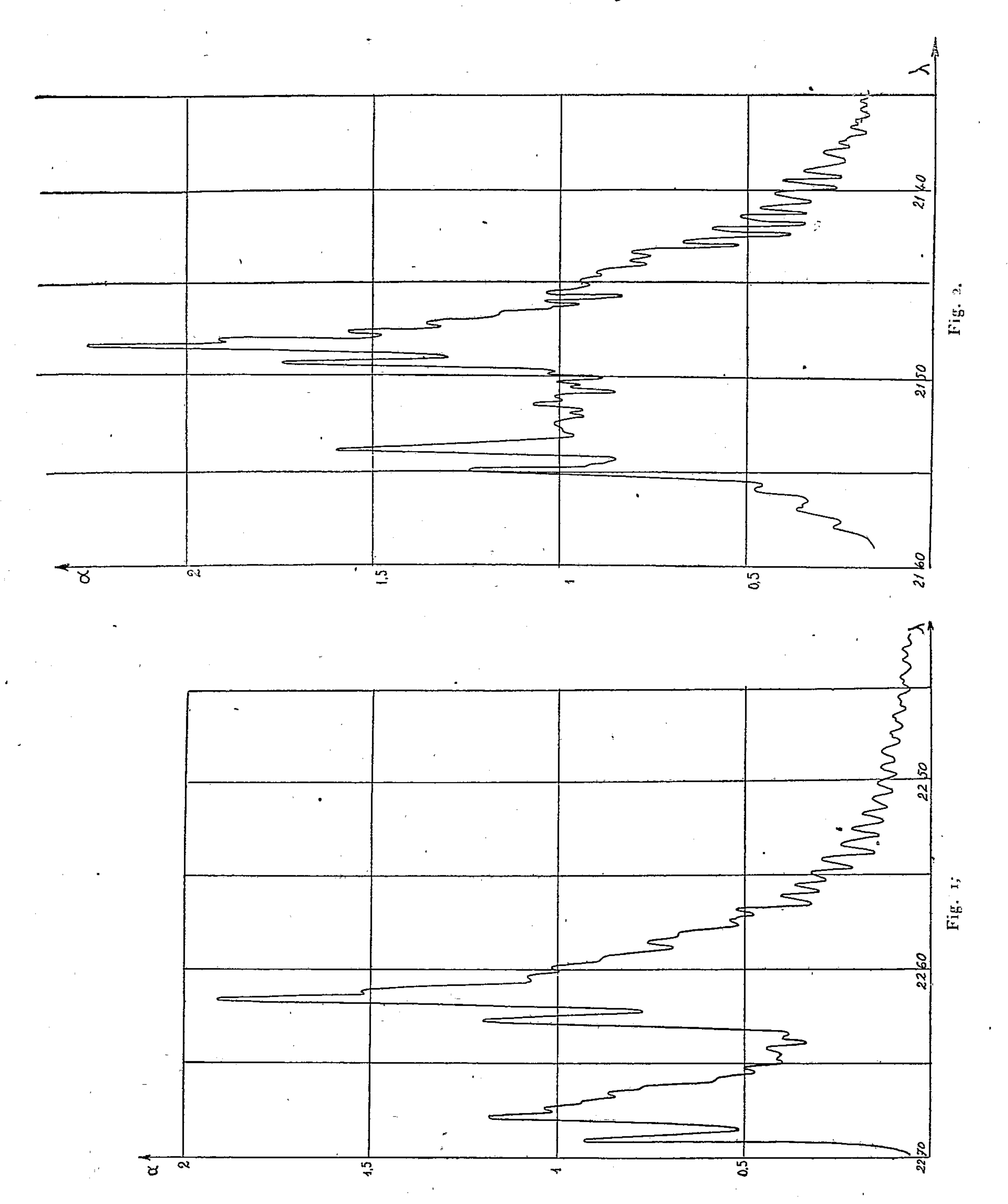


Fig. 2.

Fig. 1.

d'épaisseur de gaz pur dans les conditions normales. Les mesures ont été faites avec un tube de longueur 20^{cm}, la pression du gaz variant entre 8 et 40^{mm} de mercure.

Les ordonnées des maxima principaux de la courbe paraissent déterminées avec une erreur inférieure à 3 pour 100, mais les faibles valeurs de α sont beaucoup moins bien déterminées.

L'examen de l'intensité relative des raies composantes des deux doublets d'absorption figurés ci-dessus m'a conduit à retoucher les formules déjà publiées pour les représenter [1]. Les nouvelles formules sont les suivantes :

Doublet 2267,85; 2261,5 (*fig.* 1). — Première composante :

$$\nu = 44082 + 10,7\,N + 2,3\,N^2,$$
$$\nu = 44077 + 2,3\,N^2;$$

Deuxième composante :

$$\nu = 44196,5 + 9,12\,N + 2,76\,N^2,$$
$$\nu = 44200 + 2,76\,N^2.$$

Doublet 2153,75; 2148,15 (*fig.* 2). — Première composante :

$$\nu = 46419 + 10,2\,N + 2,1\,N^2,$$
$$\nu = 46413,5 + 2,1\,N^2;$$

Deuxième composante :

$$\nu = 46536 + 8,72\,N + 2,56\,N^2,$$
$$\nu = 46531,5 + 2,56\,N^2.$$

On peut remarquer que l'état initial de la molécule NO est le même lors de l'absorption des deux doublets étudiés.

SPECTROSCOPIE. — *Polarisation des radiations de résonance du cadmium.* Note de M. **Paul Soleillet**, présentée par M. Jean Perrin.

L'atome de cadmium possède dans l'ultraviolet ordinaire deux radiations de résonance :

$$(1\,{}^1S_0 - 2\,{}^3P_1)\quad \lambda = 3261\,\text{Å}$$

et

$$(1\,{}^1S_0 - 2\,{}^1P_1)\quad \lambda = 2288\,\text{Å}.$$

(1) Lambrey, *Comptes rendus*, 186, 1927, p. 1112.

Dans une Note antérieure (¹) j'ai publié quelques résultats provisoires sur la polarisation de la première de ces radiations émises par résonance de la vapeur de cadmium et sur l'influence des champs magnétiques faibles sur cette polarisation.

Les expériences déjà décrites ont été reprises avec les quelques modifications suivantes :

1° Le tube de résonance est, non pas scellé, mais en communication constante avec la pompe à vide.

2° La lumière excitatrice n'est pas polarisée.

3° Dans la recherche du résultat en champ magnétique nul, on laisse subsister un champ dans la direction du faisceau excitateur : cette composante est inactive et rend négligeables les défauts de compensation dans les autres directions.

Voici les résultats obtenus :

1° Si le champ est nul ou dirigé suivant la direction du faisceau excitateur, la polarisation maxima observée p_0 est de 85 pour 100. Ce nombre correspond, dans le cas d'un faisceau excitateur polarisé (plan de polarisation horizontal) et d'un champ nul, à une polarisation p_0 égale à 92 pour 100. On doit avoir en effet entre p_0 et p la relation théorique

$$\frac{1}{p_0} = \frac{2}{p} - 1.$$

La différence entre cette valeur de p et celle publiée antérieurement paraît due à l'influence des impuretés contenues dans le tube scellé utilisé alors. Ce nouveau résultat se rapproche fort de la valeur théorique 100 pour 100.

2° Si le champ est dans la direction de l'observation, le plan de polarisation ne demeure pas horizontal. On a mesuré la quantité

$$p'_0 = \frac{\mu - \nu}{\mu + \nu},$$

μ étant l'intensité de la composante verticale de la vibration observée et ν celle de sa composante horizontale.

$H = 0{,}014$ gauss,	$p'_0 = 55$ pour 100,
$H = 0{,}028$ »	$p'_0 = 27$ »
$H = 0{,}056$ »	$p'_0 = 7$ »

(¹) *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 198.

Ces nombres concordent sauf le dernier un peu trop faible avec ceux donnés par la formule théorique

$$p'_0 = \frac{p_0}{1 + 4K^2H^2},$$

KH représente l'angle moyen dont a tourné l'atome pendant la durée de son excitation du fait de l'existence de la rotation de Larmor. Si l'on admet celle-ci être les $\frac{3}{2}$ de la rotation classique comme l'exige l'effet Zeeman, K est lié à la durée moyenne τ de vie de l'atome dans l'état $2\,{}^3P_1$ par la relation

$$K = \frac{3}{2} \frac{e}{2m} \tau.$$

On obtient ainsi pour τ la valeur $\tau = 2.10^{-6}$. Cette orbite est donc beaucoup plus stable que l'orbite correspondante de l'atome de mercure.

J'ai pu également étudier la polarisation de la radiation $\lambda = 2288$ Å émise par résonance dans les mêmes conditions.

Voici des résultats provisoires.

1° Dans un champ nul ou dirigé suivant la direction du faisceau excitateur de polarisation p_0 égale 60 pour 100, ce qui correspond à p égal à 75 pour 100. Le champ a été poussé à 75 gauss.

2° Si le champ est dans la direction de l'observation, on note une diminution brusque suivie d'une diminution très lente :

$0{,}03 < H < 1$ gauss,	$p'_0 = 49$ pour 100,
$H = 25$ »	$p'_0 = 43$ »
$H = 50$ »	$p'_0 = 38$ »
$H = 100$ »	$p'_0 = 31$ »

Ces résultats font songer à l'interprétation suivante. Le niveau $2\,{}^1P_1$ aurait une structure hyperfine au moins double. L'une des orbites relativement stable aurait une durée de vie supérieure à 10^{-6}. L'autre instable aurait une durée de vie de l'ordre de 10^{-9}. Cette hypothèse ne permet d'ailleurs pas l'interprétation complète de la courbe.

Quoi qu'il en soit, les faits observés semblent indiquer des différences profondes entre les caractères de stabilité des deux niveaux étudiés de l'atome de cadmium.

PHYSIQUE. — *Existence, pour un cristal uniaxe, de deux pouvoirs rotatoires magnétiques différents suivant l'axe et suivant une normale à l'axe.* Note (¹) de M. **Jean Becquerel**, transmise par M. Pierre Weiss.

Le pouvoir rotatoire magnétique d'un cristal uniaxe suivant des directions obliques sur l'axe n'a pas été jusqu'à présent l'objet de recherches approfondies, parce que la rotation est généralement masquée par la biréfringence. J'ai choisi pour cette étude la *tysonite*, car ce minéral présente un grand pouvoir rotatoire magnétique en même temps qu'une faible biréfringence ($n_0 = 1,6168$; $n_e = 1,6095$, pour $\lambda = 5350$ Å) (²).

Une lame de tysonite, d'épaisseur $e = 1^{mm},866$, normale à l'axe, est disposée entre les pôles d'un petit électro-aimant Weiss, et peut tourner autour d'un axe vertical parallèle à ses faces. Le vecteur électrique de l'onde incidente est vertical. L'analyseur est un appareil à pénombre (nicol coupé). La lumière employée est la radiation verte du mercure (5460,7 Å).

Les expériences ont été faites à la température ambiante, et les mesures ramenées à une même température de 293° K. [le pouvoir rotatoire de ce cristal, de sens négatif, est d'origine paramagnétique (³), et varie sensiblement en raison inverse de la température absolue]. L'azimut du grand axe de la lumière elliptique a été déterminé pour diverses orientations de l'axe optique OA et du champ H : ces orientations ont varié dans les limites indiquées sur la figure 1. L'intensité du champ était 24830 gauss.

Le cristal étant peu biréfringent, il est permis de considérer comme confondues les normales aux ondes à l'intérieur du cristal.

Si le pouvoir rotatoire était le même dans toutes les directions, l'annulation de l'effet du champ magnétique s'obtiendrait toujours pour une direction du rayon réfracté OR normale au champ : or l'expérience prouve qu'il n'en est pas ainsi, sauf quand le rayon traverse le cristal suivant l'axe optique. Par exemple, le calcul montre que pour deux directions du champ faisant entre elles un angle de 5°, l'angle des deux directions de l'axe pour

(¹) Séance du 17 juillet 1928.

(²) Les indices ont été mesurés par M. Gaubert.

(³) Jean Becquerel, *Le Radium*, 5, 1908, p. 16 et 17. — Jean Becquerel et W.-J. de Haas, *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 1720.

lesquelles la rotation serait nulle devrait être 13°,1, alors que l'expérience donne 10°,25 (± 0°,25).

Il faut donc envisager un pouvoir rotatoire normal à l'axe différent du pouvoir rotatoire suivant l'axe. Par généralisation de la loi du cosinus, il est naturel de considérer les composantes du champ H suivant l'axe et suivant la normale, puis de projeter sur le rayon les rotations déterminées par ces

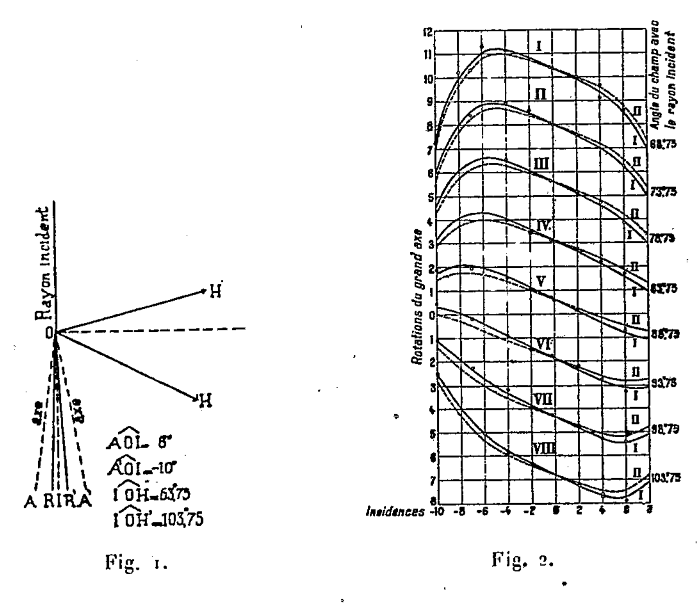


Fig. 1. Fig. 2.

composantes. Soient r et θ l'angle de réfraction et l'angle de l'axe et du champ (comptés positivement dans le sens direct à partir de l'axe); remarquant que l'épaisseur traversée est $\frac{e}{\cos r}$, les rotations obtenues ρ doivent satisfaire à la formule

$$\rho = V_A e H \cos\theta + V_N e H \sin\theta \tang r. \tag{1}$$

Les angles étant évalués en degrés et prenant le centimètre pour unité d'épaisseur, la constante de Verdet V_A, mesurée dans la direction de l'axe, a été trouvée égale à —0,006 174. Si la formule (1) est exacte, elle donne, d'après le résultat mentionné plus haut,

$$V_N = 0,828\,V_A.$$

Pour vérifier la loi indiquée, il faut remarquer que la rotation ρ est supposée dégagée de l'effet de la biréfringence, alors que les mesures de la rotation ρ' du grand axe donnent la superposition des deux effets. Soit φ_0

la différence de phase due à la biréfringence seule (mesurée à l'aide d'un compensateur de Babinet); posons

$$(2)\qquad \pi\varphi = \sqrt{\pi^2\varphi_0^2 + \rho^2},$$

$$(3)\qquad \operatorname{tang}\alpha = \frac{\rho}{\pi\varphi_0},$$

la représentation sphérique de Poincaré conduit à la formule

$$(4)\qquad \operatorname{tang}2\rho' = \frac{\sin 2\pi\rho \sin\alpha}{\cos^2\alpha + \cos 2\pi\varphi \sin^2\alpha}.$$

On calcule ρ par la formule (1), puis ρ' par les formules (2), (3), (4). Les courbes calculées de ρ', en fonction de l'incidence, sont représentées figure 2; les points marqués indiquent les valeurs mesurées. Les courbes en pointillé sont celles qu'on aurait si V_N était égal à V_A. Bien que les écarts entre les deux familles de courbes soient faibles, et que les erreurs puissent accidentellement atteindre cet écart, il est visible que les courbes en traits pleins sont celles qui s'accordent le mieux avec les mesures. En particulier, la courbe pointillée VI est inadmissible car elle donne une rotation nulle pour $i = -9°,8$, alors que le changement de sens de la rotation a été observé entre $-7°$ et $-8°$.

OPTIQUE APPLIQUÉE. — *Applications de l'éclairage ultramicroscopique à la bulle d'un niveau sphérique.* Note [1] de MM. **Armand de Gramont** et **Georges Mabboux**, présentée par M. Charles Fabry.

Il est commode, pour déterminer l'angle d'une direction donnée avec la verticale, d'utiliser la bulle d'un niveau sphérique. Si l'on observe, au lieu de la bulle, une image réelle de celle-ci, on peut donner au niveau sphérique un rayon de courbure égal à la focale de l'objectif utilisé : c'est la solution employée dans certaines lunettes qui permettent de déterminer la verticale en avion; la bulle se projette sur le sol sous forme d'un cercle obscur en un point qui est indépendant de la direction de la lunette.

Mais si l'on veut utiliser la bulle pour une mesure nocturne sur le ciel, elle devra être éclairée afin de disposer de points de repère lumineux. D'autre part, quand on vise une étoile, la Lune ou le Soleil, pour avoir

(1) Séance du 17 juillet 1928.

quelque précision dans la mesure, on devra toujours centrer l'astre sur la bulle elle-même : c'est donc par un cercle complet qu'il y a lieu de définir la position de la bulle.

C'est dans ce but que l'un de nous avait cherché à éclairer une bulle de niveau par un éclairage latéral représenté sur la figure 1 en arrêtant les rayons directs au moyen d'un écran. On perçoit alors sur fond noir un cercle mince et très brillant. Pour appliquer ce dispositif à la détermination d'une hauteur d'astre, il faut projeter l'image de la bulle sur le ciel et l'on

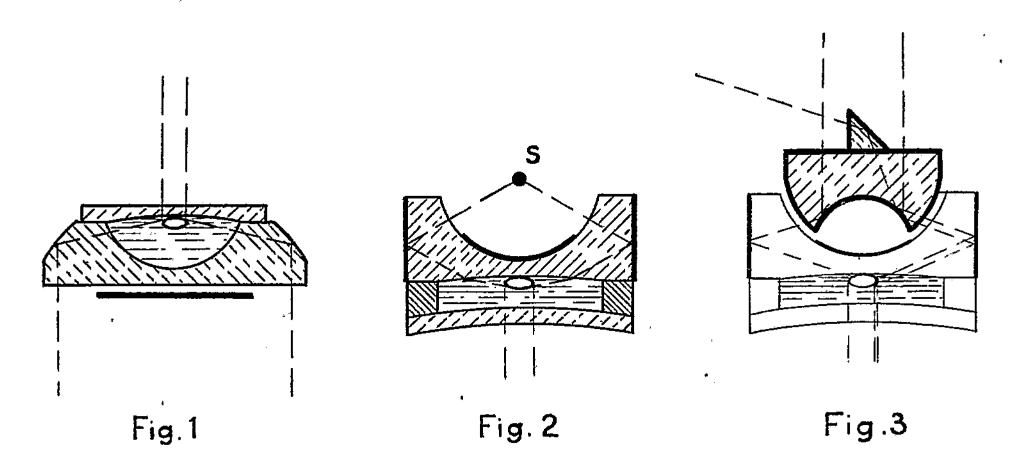


Fig. 1 Fig. 2 Fig. 3

est amené à disposer la face concave du niveau vers l'objectif pour que sa courbure d'une part et la courbure de champ de l'objectif de l'autre soient de même signe.

Le niveau sphérique doit alors être éclairé par sa face supérieure ; dans ces conditions, le problème est un peu plus compliqué. Nous avons pu le résoudre par le dispositif de la figure 2. La source S, logée dans la cavité sphérique d'une pièce de verre cylindrique argentée extérieurement, éclaire la bulle le long d'un parallèle suffisamment fin, les rayons directs étant interceptés par un écran.

La lampe électrique peut être remplacée par l'éclairage direct du jour au moyen du dispositif de la figure 3 ; tant que le Soleil est haut sur l'horizon, ces rayons réfléchis totalement sur une partie de la calotte sphérique supérieure frappe la paroi argentée avant de revenir sur la bulle.

Quand la hauteur du Soleil sur l'horizon est inférieure à 20° un petit prisme à réflexion totale renvoie les rayons sur les côtés de la coupole.

Dans ces conditions, on obtient un cercle lumineux qui permet de mesu-

rer la hauteur du Soleil au travers d'un verre fumé; pour les mesures nocturnes, l'éclat de la lampe est modéré par un rhéostat.

Le diamètre de la bulle doit avoir une valeur bien déterminée : pour les mesures sur la Lune ou sur le Soleil, il doit être légèrement supérieur à celui de l'astre, soit environ 35 à 40 minutes; pour la visée d'une étoile, la bulle peut être plus petite, mais elle ne doit pas descendre en dessous d'une certaine limite sous peine de voir son éclat diminuer beaucoup, car elle ne se trouverait plus dans la zone des rayons rasants qui détermine le parallèle lumineux. Nous avons donc été amenés à constituer des niveaux dont la cage légèrement déformable peut être réglée à la volonté de l'observateur; ce dispositif était nécessité d'ailleurs par le fait que les instruments de visée sont, en avion, soumis à de grands écarts de température qui font varier le diamètre de la bulle.

L'éclairage ultramicroscopique de la bulle, tel que nous venons de le décrire, nous a permis de construire avec M. R. Alkan un octant destiné à la navigation aérienne dont la précision s'est montrée analogue à celle des sextants habituels. Pour un observateur un peu entraîné, les erreurs ne dépassent pas 2 minutes et il ne peut y avoir de méprise sur le choix de l'étoile que l'on vise directement à travers une glace transparente sur laquelle se reflète en même temps le cercle lumineux de la bulle.

RAYONS X. — *Indice de réfraction du verre pour les rayons X de grande longueur d'onde.* Note de M. **Jean Thibaud**, présentée par M. M. de Broglie.

Dans de précédentes recherches spectrographiques sur les rayons X très mous, nous avons signalé [1] d'importantes divergences dans les mesures des longueurs d'onde de mêmes raies obtenues d'une part à l'aide de la diffraction dans les réseaux cristallins et d'autre part (en valeur absolue) par la diffraction à la surface de réseaux lignés. Nous expliquions ces anomalies par l'intervention de la réfraction à l'intérieur du cristal et concluions à l'existence, lors du passage des rayons X de grande longueur d'onde du vide à l'intérieur d'un milieu matériel, d'un indice de réfraction réel μ, inférieur à l'unité ($\mu = 1 - \delta$). Les mesures indiquaient d'ailleurs, en accord avec la théorie de la dispersion de Drude-Lorentz, un accroissement de la

---

(1) J. Thibaud et A. Soltan, *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 642, et *Journal de Physique*, 6, 1927, p. 484.

divergence δ proportionnel au carré de la longueur d'onde, si bien que pour une longueur d'onde voisine de 70 Å l'indice tomberait à la valeur $\mu = 0{,}99$.

1. L'objet du travail actuel est la mesure directe, par une *méthode de réflexion totale*, de l'indice μ du verre, pour quelques raies du domaine intermédiaire. Si l'on produit, en effet, la réflexion sous incidence rasante des rayons X mous sur un miroir plan, la réflexion devient totale pour des incidences θ (comptées à partir de la surface) inférieures à un certain *angle limite* θ_m relié à l'indice μ par la relation : $\theta_m = \sqrt{2\delta} = \sqrt{2(1-\mu)}$.

La détermination de l'angle limité θ_m se fait à l'aide du spectrographe à réseau dans le vide destiné à l'étude des rayons X mous, que nous avons décrit antérieurement ([1]). On sait que, dans cet appareil, on doit toujours se placer, afin d'avoir le maximum d'énergie dans les faisceaux diffractés, dans les conditions de réflexion totale des radiations à étudier ($\theta < \theta_m$), et nous avons effectivement montré ([2]) une disparition graduelle des rayons diffractés lorsque l'incidence atteint l'angle limite θ_m. Nous enregistrerons donc photographiquement (dans les mêmes conditions de fonctionnement du tube générateur de rayons X et avec des poses de même durée) une série de spectres d'une même raie, en augmentant progressivement l'angle d'incidence θ sur le réseau et en notant la diminution d'intensité de la raie, puis sa disparition. Les appréciations visuelles d'intensité sont facilitées par le grand nombre d'ordres successifs de la raie (parfois jusqu'à sept). Les diverses raies monochromatiques utilisées pour cette étude sont comprises entre 17 et 65 Å, ce sont les raies L du fer, K de l'oxygène, de l'azote et du carbone, enfin M du molybdène.

2. Il est difficile de traduire numériquement les variations d'intensité de chaque raie en fonction de l'angle, par le seul examen visuel des noircissements correspondants sur les clichés. Aussi les résultats qui suivent ne donnent-ils que des ordres de grandeur.

a. En premier lieu j'ai déterminé les angles $\theta_{\frac{1}{2}}$ pour lesquels chacune des radiations a perdu sensiblement la moitié de son intensité. On trouve $\theta_{\frac{1}{2}} = 3.10^{-2}$ pour les raies $L\alpha$ fer ($\lambda = 17{,}7$ Å) et $K\alpha$ Ox ($\lambda = 23{,}8$ Å), puis respectivement les valeurs $\theta_{\frac{1}{2}} = 5;\ 6;\ 7{,}4.10^{-2}$ pour les raies $K\alpha$ C ($\lambda = 44{,}9$ Å), M du Mo : raie faible $\lambda = 54{,}9$ Å, raie intense $\lambda = 64$ Å.

([1]) *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 62.
([2]) *Revue d'Optique*, 5, 1926, p. 103.

On observe une proportionnalité entre angles et longueurs d'onde.

b. D'une manière plus rigoureuse j'ai recherché, en prenant un grand nombre de spectres, le domaine angulaire exact dans lequel se produit la disparition graduelle de la raie diffractée pour les radiations KαC et MMo principalement. On trouve que la raie $\lambda = 44,9$ Å décroît régulièrement de $\theta = 4,2.10^{-2}$ à $\theta = 6,4.10^{-2}$, angle pour lequel elle a disparu. Quant à $\lambda = 65$ Å, son intensité décroît de $\theta = 4,8$ à $\theta = 10,5.10^{-2}$.

Ces domaines limites de réflexion totale occupent donc respectivement des largeurs angulaires de 1°,25 et 3°,25. En l'absence de toute absorption dans le milieu, la décroissance de l'intensité réfléchie (et par suite celle des raies diffractées) aurait lieu assez brusquement (équations de Fresnel). L'élargissement des zones limites de réflexion totale est une conséquence de l'absorption intense des rayons X mous et augmente d'ailleurs, comme celle-ci, avec la longueur d'onde. Cet effet rend plus pénible la détermination de l'angle limite θ_m dont les valeurs sont portées, avec les valeurs correspondantes de δ, dans le tableau suivant :

		Rayons X ordinaires.	*Rayons X de grande longueur d'onde.*				
λ	→	1,5	20	44,9	54,9	65	Å
$\theta_{\frac{1}{2}}$	→	0,4	3	5	6	7,4	$\times 10^{-2}$
θ_m	→	0,4	3,1	5,1	6,1	7,8	$\times 10^{-2}$
δ observé	→	0,07	4,8	13	18,6	30,5	$\times 10^{-4}$
θ_m théorique	→	0,4	5,2	11,7	14,3	16,9	$\times 10^{-2}$

On vérifie bien la variation de θ_m en raison directe de λ, et, consécutivement, celle de δ proportionnellement au carré de la longueur d'onde. Il est à noter que l'angle limite passe de 21′ pour $\lambda = 1,5$ Å$(K\alpha Cu)_0$ à 3° pour $\lambda = 45$ Å et même à 4°, 5 pour $\lambda = 65$ Å.

c. La formule théorique simplifiée de Drude-Lorentz conduit, dans le cas du verre ($\rho = 2,5$), à

$$(\lambda \text{ en Å}), \qquad \theta_m = \sqrt{2\delta} = \sqrt{2,72\rho\lambda^2.10^{-6}} = 2,6\lambda.10^{-3}.$$

Les valeurs expérimentales de θ_m suivent sensiblement la même loi, en divisant par 2, toutefois, le coefficient numérique.

Conclusion. — L'angle limite de réflexion totale des rayons X très mous augmente, en raison directe de la longueur d'onde, jusqu'à atteindre plusieurs degrés. L'indice de réfraction réel μ se sépare de plus en plus de l'unité à mesure que l'absorption des rayons s'accroît (en λ^3), effet prévu par la théorie de la dispersion dans les milieux très absorbants.

RADIOACTIVITÉ. — *Étude spectrale de la luminescence de l'eau et du sulfure de carbone soumis au rayonnement gamma.* Note [1] de M. L. MALLET, présentée par M. Ch. Fabry.

Dans une Note publiée aux *Comptes rendus* [2] nous signalions que l'eau et certaines substances organiques exposées aux rayons γ des corps radioactifs émettent une luminescence blanche. L'étude photographique de cette luminescence à l'aide d'écrans de verre, de quartz et de sel gemme nous avait permis de supposer que cette lumière devait contenir des radiations s'étendant dans l'ultraviolet.

L'étude spectrographique de ce rayonnement très faible aurait été impraticable avec les appareils ordinaires. J'ai pu la mener à bien au moyen d'un spectrographe très lumineux [3] construit sur les indications de M. Ch. Fabry. La chambre photographique de cet appareil est munie d'un objectif ayant une ouverture égale à F/2 (objectif Taylor-Hobson), dont la distance focale est de 108^{mm} et dont, par suite, l'ouverture utile est de 54^{mm}. L'appareil est disposé de telle manière que l'on puisse utiliser divers trains de prismes, pour changer la dispersion ; je me suis servi de deux prismes en flint, de 30°, dont l'un reçoit la lumière sous l'incidence normale, tandis que l'autre est utilisé sous émergence normale. La lentille du collimateur est une simple lentille achromatique, d'ouverture F/10, ayant par suite 50^{cm} de distance focale. L'appareil ainsi disposé donne des spectres peu dispersés mais très lumineux ; on peut sans difficulté, obtenir les spectres de corps faiblement phosphorescents ou fluorescents.

Nous avons pris comme source de rayonnement γ deux tubes de verre contenant chacun 250^{mg} de radium élément (sous forme de SO^4Ra) qui ont été placés dans une gaine de 2^{mm} de plomb. Le rayonnement émergeant était constitué par des rayons γ, sans aucun rayonnement β primaire. Le foyer radioactif a été placé, soit dans un récipient de bois muni d'une fenêtre de celluloïd et rempli d'eau distillée, soit dans un récipient en pyrex, substance qui présente une luminescence propre négligeable.

Nous avons exposé le récipient contenant l'eau devant la fente du spectrographe, dont la largeur a pu être réduite à $0^{mm},2$ sans augmenter exagé-

---

(1) Séance du 17 juillet 1928.

(2) *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 274.

(3) Cet appareil sera prochainement décrit dans un autre recueil.

rément le temps de pose. Nous avons protégé la plaque photographique contre le rayonnement γ par des briques de plomb de 13^{cm} d'épaisseur. Pour abriter le spectrographe contre toute lumière parasite nous l'avons placé dans une chambre complètement obscure.

Les plaques utilisées sont les plaques *Lumière* violettes qui se sont montrées les plus sensibles. Les temps de pose ont été de 2 à 4 jours; en deux jours on a déjà une impression suffisante et le voile dû aux rayons γ est faible.

Dans les deux cas étudiés (eau et sulfure de carbone) le spectre obtenu est un spectre continu, qui s'étend dans toute la partie que les moyens employés permettaient d'étudier, c'est-à-dire dans tout le visible et le commencement de l'ultraviolet. L'absorption des prismes et des lentilles ne permettait pas de prolonger le spectre au-dessous de 3700 environ. Il n'est pas encore possible de donner une indication précise sur la répartition de l'énergie dans ce spectre; cependant, une comparaison avec le rayonnement direct d'une lampe à incandescence dite demi-watt paraît montrer que le rayonnement secondaire de l'eau est plus riche en radiations de courte longueur d'onde que le rayonnement de la lampe.

Un spectrographe très lumineux en quartz sera nécessaire pour l'étude complète du rayonnement ultraviolet. On peut, dès à présent, remarquer que l'émission de radiations visibles et ultraviolettes par la matière sous l'influence des rayons gamma est un phénomène très général, et que des corps aussi différents que l'eau et le sulfure de carbone donnent lieu à des phénomènes analogues.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur un état allotropique de l'argent.* Note (¹) de M. **G. Allard**, présentée par M. G. Urbain.

L'argent, tant natif qu'obtenu à haute température, par exemple par sublimation, est cubique. Étudié aux rayons X par Kahler (²) et par Végard (³), il présente la structure cubique à faces centrées, l'arête du cube étant $4,06.10^{-8}$ cm.

J'ai étudié, par la méthode des poudres, de l'argent obtenu par action du

(¹) Séance du 9 juillet 1928.

(²) Kahler, *The Crystalline structure of sputtered and evapored metallic films* (*Phys. Rev.*, 18, 1921, p. 210).

(³) Végard, *The structure of Silver Crystals* (*Phil. Mag.*, 31, 1916, p. 83-87).

cuivre sur une solution de nitrate d'argent ; le cliché obtenu présente un assez grand nombre de raies, toutes incompatibles avec la structure cubique : on se trouve donc en présence d'une forme allotropique de l'argent. L'emploi de la méthode que j'ai décrite dans une Note antérieure ([1]) m'a permis de déterminer le système cristallin de cette modification de l'argent : elle est orthorhombique et appartient au mode octaédral rhombique, c'est-à-dire que le réseau est constitué par l'empilement de prismes droits centrés à base losange. La hauteur du prisme est

$$c = 4,23.10^{-8}\,\text{cm};$$

les côtés du losange de base, qui forment entre eux un angle de 81°30', sont

$$a = b = 3,76.10^{-8}\,\text{cm}.$$

Il faut remarquer qu'on peut adopter comme maille de ce réseau un parallélépipède rectangle dont toutes les faces sont centrées et dont les côtés sont respectivement

$$4,23.10^{-8}\,\text{cm}; \quad 4,91.10^{-8}\,\text{cm}; \quad 5,70.10^{-8}\,\text{cm}.$$

En adoptant comme forme primitive le prisme droit à base losange, l'équidistance des plans réticulaires pqr est donnée par la formule

$$d_{pqr} = \frac{3,72}{\sqrt{p^2 + q^2 + 0,296\,pq + 0,774\,r^2}}\,\text{Å}.$$

Le tableau suivant montre dans quelles limites les équidistances mesurées s'accordent avec les équidistances calculées. On reconnaît que le prisme doit être centré à ce fait que les raies pour lesquelles $p + q + r$ est impair n'existent pas sur le cliché.

Pour m'assurer que les écarts entre les équidistances mesurées et calculées sont bien de l'ordre des erreurs d'expérience, j'ai dessiné un cliché théorique d'après les équidistances calculées et j'ai constaté qu'il se superpose très exactement au cliché réel.

Les équidistances mesurées sont, en général, assez voisines de celles qui ont été obtenues par MM. A. Roux et Cournot ([2]) avec de l'argent obtenu par dépôt électrolytique.

([1]) G. Allard, *Détermination du réseau cristallin des substances microcristallines au moyen des radiogrammes de poudres* (*Comptes rendus*, 186, 1928, p. 638).

([2]) A. Roux et J. Cournot, *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 1733-1736.

Notation des plans.	Équidistances calculées.	Équidistances mesurées.
001	4,228	″
100	3,720	″
$1\bar{1}0$	2,850	2,783
101	2,793	
110	2,455	2,466
$1\bar{1}1$	2,363	″
111	2,123	″
002	2,114	2,116
200	1,860	1,865
102	1,838	″
$2\bar{1}0$	1,772	″
201	1,702	″
$1\bar{1}2$	1,698	1,698
$2\bar{1}1$	1,634	1,658
112	1,602	″
210	1,573	″
211	1,475	1,472
$2\bar{2}0$	1,425	1,413
003	1,409	″
$2\bar{1}2$	1,358	″
212	1,262	″
300	1,240	″
$3\bar{1}0$	1,233	1,253 (?)
220	1,228	
301	1,190	1,205
310	1,128	1,163
222	1,062	1,066
004	1,057	
$3\bar{3}0$	0,950	0,950
400	0,930	0,926
$4\bar{1}1$	0,901	0,891
$3\bar{3}2$	0,867	0,875
$2\bar{2}4$	0,849	0,840
224	0,801	0,794
341	0,788	
422	0,738	0,734

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la contraction gazeuse de l'hydrogène soumis à la décharge électrique.* Note (¹) de M. **René Delaplace**, présentée par M. Jean Perrin.

Des travaux récents sur l'activation de l'hydrogène par la décharge électrique avaient permis de constater des contractions anormales du volume gazeux. Ce phénomène fut interprété par leurs auteurs comme résultant d'une polymérisation possible de l'hydrogène sous une forme triatomique.

Nous avons repris ces expériences et constaté que ces contractions gazeuses anormales doivent être attribuées à d'autres phénomènes que ceux de la polymérisation de l'hydrogène. L'étude systématique de la composition des gaz extraits des tubes à décharge nous a permis d'élucider ce problème.

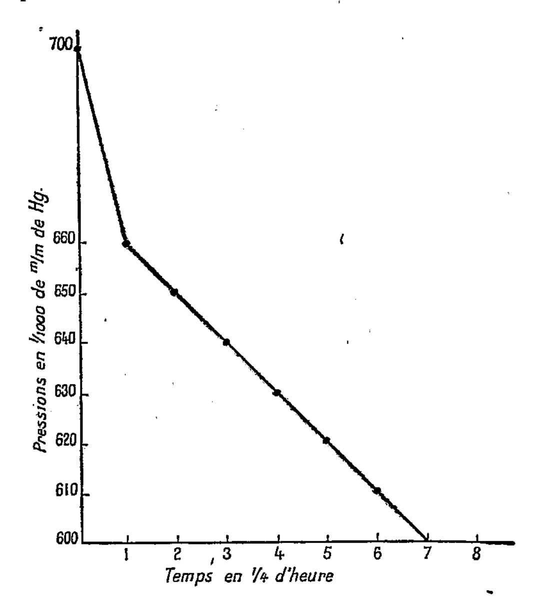
Technique. — L'appareil utilisé comprenait essentiellement un long tube à décharge protégé par des « pièges » à mercure; une trompe de Schlœsing et une cuve à mercure de grande capacité servaient à l'analyse des gaz et

(¹) Séance du 2 juillet 1928.

permettaient l'introduction, la circulation et la mesure de volumes connus d'hydrogène. Cet appareil, entièrement en verre Pyrex sans robinet ni rodage, était complété par une jauge de Mac Leod (type Dunoyer) pour la mesure des pressions comprises entre $3^{mm},5$ et $\frac{1}{100000}$ de millimètre de mercure.

L'hydrogène était préparé électrolytiquement; purifié par les moyens chimiques ordinaires il circulait ensuite au moyen d'une trompe à mercure sur du gel de silice ([1]) plongé dans l'air liquide.

Un volume connu d'hydrogène pur était introduit dans l'appareil et soumis à la décharge continue d'un poste de haute tension pendant un temps donné. Les mesures de pression et de volume effectuées avant, pendant et après l'opération, l'analyse des gaz extraits, permettaient de suivre l'allure du phénomène.



Constatation générale. — Si de l'hydrogène est soumis à la décharge électrique d'un poste de haute tension, on constate le phénomène suivant : pour des pressions qui ont varié de 11^{mm} de mercure à quelques centièmes de millimètre, une certaine quantité d'hydrogène disparaît (contraction), puis dans les gaz extraits du tube à décharge, l'analyse révèle la présence d'oxyde de carbone et de méthane (environ 1 de CH^4 pour 3 de CO). Le tableau suivant illustre ce phénomène.

([1]) P. Lebeau et P. Marmasse, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1086.

Durée de décharge.	Voltage.	Pression en mm de Hg.	Volume de H^2 pur.	Volume total extrait.	H^2 retrouvé.	H^2 disparu.	$CO+CH^4$ trouvés.	Contraction.
	volts	mm	cm³	cm³	cm³	°/o	°/o	°/o
0..........	0	6,80	2,22	»	2,22	»	»	»
1 heure. .	50000	7,20	2,50	2,45	2,40	4	1,8	2
2 heures...	»	6,20	1,95	1,93	1,86	4,6	3,2	1
4 heures...	»	6,60	2,12	2,08	2,02	4,7	4,2	1,7

Si l'on suit la variation de pression dans le tube en fonction du temps de décharge, on remarque que la contraction est d'abord très grande pendant le premier quart d'heure pour devenir sensiblement constante et proportionnelle au temps par la suite.

La courbe ci-contre donne l'allure du phénomène.

Conclusion. — Ces expériences montrent que dans les tubes à décharge en Pyrex sans robinet ni rodage et dont les parois internes ont été soigneusement nettoyées par chauffage dans le vide à 400°, on observe une *contraction irréversible* de l'hydrogène mais que de l'oxyde de carbone et du méthane apparaissent. Ces résultats confirment en partie ceux qui furent obtenus par Duane et Wendt (1) et par Wendt et Landauer (2) : la contraction observée a pour origine un phénomène que j'analyserai, tout à fait différent de la polymérisation de l'hydrogène sous sa forme H^3.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Résultats d'agglomération des charbons au moyen d'hydrocarbures partiellement déshydrogénés par le soufre.* Note (3) de M. **André Léauté**, transmise par M. G. Charpy.

Nous avons montré précédemment (4) que, pour fabriquer des substituts de l'anthracite en partant de charbons à longue flamme, il faut agglomérer les fines avec un liant dépourvu de brai. D'autre part, nous avons signalé (5) que des goudrons et des huiles de houille ou de pétrole, pauvres en brai, peuvent être partiellement déshydrogénés par le soufre sans retenir assez de ce métalloïde, en fin d'opération, pour en être pratiquement souillés : la

(1) W. Duane et G. L. Wendt, *Phys. Rev.*, 10, 1917, p. 116.

(2) G. L. Wendt et R. S. Landauer, *Jour. Am. Chem. Soc.*, 42, 1920, p. 930; 44, 1922, p. 510.

(3) Séance du 17 juillet 1928.

(4) *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 465.

(5) *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 1558.

viscosité et la siccativité des hydrocarbures sont beaucoup accrues par ce traitement. Il restait à vérifier que ces hydrocarbures sont rendus adhésifs et peuvent être employés comme liants.

L'adhésivité de ces substances est révélée par le fait qu'une baguette de verre plongée dans le liquide visqueux forme, lorsqu'elle en est extraite, un long fil qui s'étire en s'amincissant. Mais cet essai, s'il donne commodément une indication qualitative, ne fournit pas le moyen de mesurer l'adhésivité, parce que la rapidité avec laquelle la baguette est retirée et la quantité de substance qu'elle emporte influent sur le résultat. Comme il est difficile de maintenir ces facteurs bien constants, nous avons préféré recourir à une méthode plus directe qui consiste à mesurer la résistance à l'écrasement d'un aggloméré obtenu, dans des conditions définies, avec les divers liants que l'on compare.

Pour que cet essai caractérise effectivement l'adhésivité du liant, il faut rendre fixes tous les autres facteurs qui exercent une influence sur l'agglomération. Nous avons adopté les valeurs ci-dessous :

Nature du charbon : 85 pour 100 maigre (6 pour 100 M. V.) et 15 pour 100 gras (28 pour 100 M. V.).
Finesse de broyage : tamis 40.
Mode de mélange : 2^{kg} de matières dans un cylindre vertical de 175^{mm} de diamètre et 250^{mm} de hauteur, avec rotation à 100 tours par minute d'un arbre vertical portant palettes.
Durée du malaxage : 30 minutes; température du malaxage 100° C.
Proportion du liant : 7 pour 100.
Degré d'humidité : 1 pour 100.
Mode d'agglomération : à la presse hydraulique, pression du fluide = 250 kg/cm^2; température ambiante, durée totale : environ 2 minutes (pression lâchée aussitôt atteint le maximum fixé).
Forme de l'aggloméré : aggloméré de révolution, autour d'un axe ayant 3^{cm} de hauteur; diamètre de la coupe perpendiculaire au milieu de l'axe : 5^{cm}; forme d'une double coupole; poids total : 40^{g}.

Chaque mesure est faite sur huit agglomérés, dont on prend la moyenne.

Parmi les résultats des essais, nous extrayons ceux qui mettent en lumière l'action du traitement au soufre sur le pouvoir adhésif. Les essais ont porté sur trois huiles de houille HR.B 2, 3, 4; la première contenait 2,5 pour 100 d'eau et fournissait, entre 0 et 200°, un distillat égal à 23 pour 100 de son poids; sa viscosité à 50° était de 4°,1 Engler; sa densité à 18° était 1,22; — la seconde contenait 20 pour 100 d'eau (émulsion) et très peu d'huiles légères, car le distillat total entre 0 et 200° n'était que 27 pour 100;

sa viscosité n'a pu être mesurée en raison de l'eau qu'elle contenait; sa den- à 18° était 1,08; — la troisième contenait 28 pour 100 d'eau, sa composition la rendait plus voisine de la première et le distillat total entre 0 et 200° était 40 pour 100; sa viscosité à 50° était de 7°,7 Engler et sa densité à 18° de 1,04.

Numéro de l'essai.	Conditions de l'essai.	Résistance moyenne (en kg par cm²).
17.	Huile de houille HR.B 2 non traitée..........	2,65
28 *bis*.	Huile de houille HR.B 2 traitée en présence du soufre..............................	48,2
29.	Huile de houille HR.B 2 traitée de même, mais en l'absence de soufre....................	7,4
48.	Huile HR.B 3 analogue, traitée en présence du soufre..................................	30,3
45.	Huile HR.B 3 traitée de même, mais en l'absence de soufre................................	11,8
51.	Huile HR. B 4, traitée en présence du soufre.	44,9

En conclusion, pour les huiles essayées, la déshydrogénation partielle accroît considérablement l'adhésivité; l'agglomération sans addition de brai est par elle rendue possible. L'effet est moindre sur l'échantillon le moins riche en huiles légères; nous avions, d'ailleurs, signalé précédemment que la déshydrogénation ne se produit pas sur le brai; ces deux faits sont à rapprocher.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Dosage titrimétrique de l'acide germanique, études de quelques formes hydratées de cet acide et de ses sels.* Note (¹) de M. **Arakel Tchakirian**, présentée par M. G. Urbain.

Le germanium peut être dosé par titrimétrie suivant les méthodes suivantes :

Première méthode : Alcalimétrie. — La solubilité de l'oxyde GeO^2 dans l'eau est 6 à 8 pour 1000. On obtient la solution en faisant bouillir l'oxyde dans l'eau. La solution ainsi obtenue est faiblement acide. Les sels alcalins de l'oxyde germanique sont facilement hydrolysés. La mannite augmente la solubilité de l'oxyde GeO^2, et l'on obtient alors des solutions parfaitement stables contenant 10 pour 1000 d'oxyde. Pour 10^g d'oxyde de germanium il faut 20^g de mannite.

(¹) Séance du 17 juillet 1928.

Employant le phénol phtaléine comme indicateur, on ne peut neutraliser par les alcalis, approximativement, que les $\frac{2}{5}$ de l'acide germanique dans une solution aqueuse d'oxyde GeO^2; mais en présence de corps organiques à fonction alcoolique (mannite, glycérine, glucose), il y a formation d'un acide complexe germano-organique, tel qu'à 1 atome de germanium correspond 1 molécule de soude (acide mannogermanique dans le cas de la mannite).

Si l'on remplace les corps à fonction alcoolique par les électrolytes forts (Cl^2Ca, Cl^2Sr, etc., en solution très concentrée : 20^g de sel pour 10^{cm^3} de solution), il y a formation de complexes minéraux germaniques acides, tels qu'un atome de germanium correspond à 2 molécules de NaOH.

Deuxième méthode : Iodométrie. — Cette méthode repose sur la propriété que possède la combinaison de mannite et d'acide germanique de libérer de l'iode du mélange $IK + IO^3K$, de telle sorte qu'à 1 atome de germanium correspond 1 atome d'iode. La réaction est terminée en 3 heures. En présence des électrolytes forts, la quantité d'iode libérée est doublée. Dans ce cas, la réaction est terminée en 12 heures. On titre l'iode libéré à l'hyposulfite de sodium.

Cette méthode permet aussi de doser l'acide germanique en présence des acides forts. On élimine l'acide fort par le mélange $IK + IO^3K$; on décolore exactement la solution iodée par l'hyposulfite (cette opération peut servir au dosage de l'acide fort). On ajoute ensuite la mannite; l'acide germanique agit à son tour sur le mélange $IK + IO^3K$ en libérant de l'iode; après 3 heures, on titre à l'hyposulfite de sodium.

Le dosage alcalimétrique ne peut être utilisé en présence des acides forts : si l'on neutralise ceux-ci par le mélange $IK + IO^3K$, l'acide germanique agit à son tour, lors de l'addition de mannite sur l'excès de réactif en libérant de l'iode.

Les résultats obtenus par ces deux méthodes ont une précision de l'ordre du centième. Les résultats sont cependant plus faibles lorsque la première méthode est appliquée en présence d'acides forts.

Le titrage alcalimétrique des solutions aqueuses d'oxyde GeO^2, seul ou en présence de mannite ou d'électrolytes forts, nous conduit à admettre que l'oxyde germanique peut se trouver sous différents états d'hydratation.

Lorsque l'oxyde de germanium est en solution aqueuse, en l'absence de mannite ou d'électrolytes forts, on ne peut pas supposer que son hydrate admette la formule $[GeO^3]H^2$; le nombre d'ions $(\overset{}{\underset{+}{H}})$ neutralisables par les alcalis se concilie avec une formule telle que $[Ge^5O^{11}]H^2$, corps analogue à

l'acide métastannique $[Sn^5O^{11}]H^2$, et dont l'existence est rendue très probable par celle du sel de sodium décrit par J. M. Van Bemmelen (1) et A. Hantzch (2).

L'addition de mannite à la solution aqueuse provoque une dégradation de l'association moléculaire de l'acide germanique, puisque, dans ce cas, à un atome de germanium correspond une molécule de soude, ce qui rend vraisemblable une constitution telle que $[Ge^2O^5_{m.n}]H^2$, forme dans laquelle *m* représente la mannite et *n* un exposant au moins égal à 2.

Ce corps est un acide fort qui libère l'iode du mélange $IK + IO^3K$, et dont les sels alcalins, très solubles, résistent à l'hydrolyse.

L'acide mannogermanique en solution aqueuse n'agit pas sur la lumière polarisée, mais son sel de sodium est dextrogyre.

La façon dont se comporte l'oxyde germanique en solution aqueuse, en présence d'électrolytes forts, permet de supposer qu'il donne naissance à des complexes minéraux tels que $[GeO^3_{Cl^2}]^{Li^2}_{H^2}$ et $[GeO^3_{Cl^2}]^{Ca}_{H^2}$.

Ces vues trouvent un appui dans les résultats des mesures iodométriques.

Les mêmes hypothèses sont applicables au cas de l'acide borique qui, acide très faible en l'absence de mannite ou d'électrolytes forts, devient acide fort en présence de ces réactifs. Les résultats obtenus par M. Cikritova et K. Sandéra (3) et ceux de G. Mellon et F. R. Swin (4) peuvent être interprétés suivant les cas par les formules $[Bo^2O^4_{m.n}]H^2$ et $[BoO^2_{Cl}]^{Li}_{H}$.

CHIMIE MINÉRALE. — *Séparation du krypton et du xénon de l'air atmosphérique.* Note (5) de M. **Adolphe Lepape**, transmise par M. Charles Moureu.

1. La constance des rapports krypton-argon et xénon-argon dans les gaz naturels (air atmosphérique et gaz souterrains) (6) montre qu'il serait illusoire de rechercher dans la nature un mélange gazeux notablement plus riche en krypton et en xénon que l'air, lequel contient environ 1^{cm^3}

(1) *Rec. des Trav. chim. des Pays-Bas*, 6, 1887, p. 207.
(2) *Z. Anorg. Chem.*, 30, 1902, p. 316.
(3) *Chem. Listy*, 19, 1925, p. 182.
(4) *Ind. and Eng. chem.*, 19, 1927, p. 1354.
(5) Séance du 17 juillet 1928.
(6) Ch. Moureu et A. Lepape, *Comptes rendus*, 152, 1911, p. 691 et 934; 153, 1911, p. 740.

de krypton et $0^{cm^3},09$ de xénon par mètre cube ([1]). D'autre part, en vertu de leur solubilité dans l'oxygène liquide et de leurs faibles tensions de vapeur, ces deux gaz lourds doivent se retrouver dans les queues d'oxygène liquide provenant de la distillation fractionnée de l'air ([2]).

Les rares auteurs qui ont préparé du krypton et du xénon ont, en effet, extrait ces gaz de résidus d'air liquide concentrés par évaporation ou versés sur du charbon absorbant (Dewar) :

Préparations de krypton et de xénon.

		Krypton			Xénon		
	Poids d'air traité.	présent dans l'air traité.	obtenu en cm³.	rendement pour 100.	présent dans l'air traité.	obtenu en cm³.	rendement pour 100.
Ramsay (1903) ([3])	$191^{kg},1$	156^{cm^3}	7,5	5	14^{cm^3}	0,87	6
Moore (1908) ([4])	19^{t}	$15^{l},5$	293	2	$1^{l},4$	70	5
	100^{t}	82^{l}	50	0,06	$7^{l},4$	220	3
Antropoff (1919) ([5])	15^{t}	$12^{l},2$	120	1	$1^{l},1$	50	4,5
Dewar et Aston (1923) ([6]) ..	439^{t}	358^{l}	130	0,03	32^{l}	575	1,8

2. Les rendements de ces opérations, calculés d'après les données des auteurs, sont infimes; en outre, ils diminuent lorsque le poids d'air traité augmente, révélant ainsi une perte systématique des gaz recherchés. Contrairement aux prévisions d'un calcul élémentaire ([7]), le krypton et le xénon sont donc presque totalement éliminés dans la phase gazeuse au cours de la distillation fractionnée continue de l'air liquide. Dans un appareil à liquéfaction de l'air type G. Claude, par exemple, le krypton et le xénon entraînés par l'oxygène liquide s'accumulent dans le vaporiseur jusqu'à ce que les quantités de ces gaz emportées par l'oxygène liquide qui se vaporise compensent celles apportées par l'oxygène atmosphérique qui se

(1) Ch. Moureu et Lepape, *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 171.

(2) Toute élimination *chimique* de l'oxygène et de l'azote de l'air en concentre, *sans perte*, les gaz rares dans les gaz résiduels (synthèse de l'ammoniaque, etc.).

(3) W. Ramsay, *Proc. Roy. Soc.*, A, **71**, 1903, p. 421 ; **80**, 1908, p. 599.

(4) R. B. Moore, *Proc. Roy. Soc.*, A, **81**, 1908, p. 195.

(5) A. von Antropoff, *Zeit. Elektrochem.*, **25**, 1919, p. 269.

(6) F. W. Aston, *Proc. Roy. Soc.*, A, **103**, 1923, p. 462.

(7) D'après A. v. Antropoff (*loc. cit.*) 1^{l} d'oxygène liquide contenant $\frac{1}{1000}$ Kr et $\frac{1}{1000}$ Xe devrait pouvoir être réduit à 1^{cm^3} par évaporation sans perdre plus de 15 pour 100 de Kr et 1,5 pour 100 de Xe (le calcul relatif au Xe est erroné, la tension de vapeur utilisée étant dix fois trop grande).

liquéfie [1]. A partir de ce moment et quelque prolongée que soit ensuite la marche de l'appareil, le titre en krypton et en xénon de l'oxygène liquide atteint une limite comprise, d'après nos mesures, entre 2,5 et 5×10^{-5} pour le krypton, et entre 0,5 et $1,5 \times 10^{-5}$ pour le xénon. Si, pour y concentrer le krypton et le xénon, on soumet alors ce liquide à une vaporisation lente, dans un ballon d'Arsonval-Dewar, le titre des deux gaz dans la phase gazeuse, d'abord faible (environ 10^{-6} pour Kr), s'élève ensuite lentement, puis de plus en plus vite, pour atteindre finalement l'ordre du millième (vaporisation de la dernière goutte liquide). Au fur et à mesure que la phase liquide diminue en s'enrichissant, des quantités progressivement croissantes de krypton et de xénon se volatilisent, entraînées mécaniquement par la vapeur d'oxygène qui se dégage.

3. En vue de réduire les pertes importantes que comporte cette méthode de séparation du krypton et du xénon, nous avons soumis la phase vapeur à un fractionnement par adsorption à la température d'ébullition de l'oxygène liquide. A cet effet, nous introduisons simplement dans le ballon d'Arsonval-Dewar, contenant l'oxygène liquide en voie d'évaporation, un tube rempli de charbon de noix de coco ou de gel de silice, que la vapeur formée doit traverser avant de s'échapper à l'air libre. Des gaz dégagés par le réchauffement du tube absorbant et de ceux formant l'atmosphère finale du ballon, on élimine l'oxygène et l'anhydride carbonique par le cuivre et l'ammoniaque, puis l'azote et les gaz combustibles par le calcium et l'on sépare du mélange de gaz rares ainsi obtenus le krypton et le xénon, par fractionnement sur du charbon de coco convenablement refroidi.

Voici les résultats de quelques-unes des nombreuses préparations que nous avons effectuées à l'aide d'un tube de 72^g de charbon de coco placé dans un ballon à oxygène liquide de 2^l évaporant 10 à 15^g à l'heure :

Préparations de krypton et de xénon (A. Lepape).

	Krypton			Xénon		
Poids d'oxygène liquide traité (en gr).	présent (en cm³).	obtenu (en cm³).	rendement (%).	présent (en cm³).	obtenu (en cm³).	rendement (%).
1. 1800.......	8,9	8,3	93	0,8	0,8	100
2. 1775.......	63,9	54,0	85	19,9	19,1	96
3. 1785.......	53,6	46,5	86	»	12,25	»
4. 1230.......	»	85,1	»	»	20,1	»
5. 1920(C)....	»	50,3	»	»	10,8	»
6. 2400 (SiO^2).	»	54,9	»	»	13,3	»

[1] Nous avons vérifié que le titre en krypton de l'oxygène vaporisé est sensiblement égal à celui de l'oxygène de l'air (5×10^{-6} en volumes).

Le simple artifice que nous employons permet donc de recueillir la presque totalité du krypton et du xénon présents dans l'oxygène liquide tel que le fournit un appareil industriel. Les expériences 5 et 6 (oxygène liquide de même composition) établissent l'équivalence pratique du charbon de noix de coco et du gel de silice (à poids égaux).

Plusieurs litres de krypton et un litre de xénon ont pu être préparés, au laboratoire, par cette méthode, dont l'adaptation industrielle est en cours d'étude.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouveau mode d'obtention des éthers sulfuriques neutres.* Note de M. **R. Levaillant** présentée par M. Jean Perrin

I. *Généralités. Passage des chlorosulfonates aux sulfates.* — Les éthers sulfuriques neutres constituent de remarquables agents d'alcoylation; mais leur obtention est restée en général difficile, ce qui en restreint l'emploi. Seul le sulfate diméthylique est réellement entré dans la pratique courante (méthylations); grâce à sa préparation facile, à rendement élevé (supérieur à 80 pour 100). La préparation du sulfate diéthylique est déjà plus pénible. Enfin l'action de la chlorhydrine sulfurique sur le polyoxyméthylène (¹) a récemment fourni le sulfate de di-$\alpha\alpha'$-chlorodiméthyle $SO^4(CH^2Cl)^2$ de manière assez avantageuse.

Les autres éthers sulfuriques neutres sont presque demeurés des curiosités. Pour se les procurer, on devait naturellement penser à utiliser les éthers $SO^2\langle{}^{Cl}_{OR}$ de l'acide chlorosulfonique; mais l'action de ces composés sur les alcools est décevante; elle n'aboutit pas en proportion notable au sulfate attendu. Bushong (1903) a indiqué de substituer aux alcools leurs dérivés sodés mis en suspension dans l'éther anhydre énergiquement refroidi. Cette technique ne permet évidemment pas la préparation aisée de quantités un peu importantes de matière.

L'observation de la vive réaction que produit le nitrite d'isoamyle au contact du chlorosulfonate de méthyle m'a conduit à étudier une nouvelle méthode de passage des chlorosulfonates aux sulfates d'alcoyles symétriques ou mixtes. Un éther nitreux introduit peu à peu dans un chlorosulfonate légèrement chauffé engendre un éther sulfurique neutre, avec grand déga-

(¹) K. Fuchs et E. Katscher, *D. Ch. G.*, 60, 1927, p. 2288.

gement de chaleur et mise en liberté de chlorure de nitrosyle. La réaction est en principe la suivante :

$$SO^2\begin{matrix}\diagup OR \\ \diagdown Cl\end{matrix} + O = N - OR' = SO^2\begin{matrix}\diagup OR \\ \diagdown OR'\end{matrix} + NOCl\nearrow$$

R et R′ radicaux alcooliques.

Comme les éthers nitreux réagissent également sur les éthers sulfuriques neutres, on arrêtera l'opération dès que le mélange aura perdu les propriétés lacrymogènes caractéristiques du chlorosulfonate. Le rendement ne pourra être intégral; il sera cependant suffisant dans nombre de cas (40 pour 100, par exemple, en sulfate distillé pur) pour que le procédé s'applique avantageusement.

Voyons maintenant de façon précise comment atteindre d'abord les sulfates diméthylique et diéthylique.

II. *Sulfate diméthylique* $SO^4(CH^3)^2$. — Bien entendu, la réaction n'offre alors aucune importance pratique; on l'a essayée cependant pour éprouver la méthode. Ayant placé du chlorosulfonate de méthyle dans un bain initialement chauffé vers 80°, on y a dirigé un courant de nitrite de méthyle, réglé de manière à maintenir la température intérieure à une vingtaine de degrés au-dessus de celle du bain. Le gaz jaune, fumant à l'air, qui se dégageait, se condensait en liquide rouge dans une ampoule convenablement refroidie. Élevant peu à peu la température du bain vers 120°, on a laissé celle du liquide en expérience monter jusqu'à 140°-145°. Après retour à la température ordinaire, ce liquide a été agité avec de l'eau glacée; une couche inférieure jaune a été séparée, désséchée sur sulfate de soude anhydre, puis distillée dans le vide. Elle est passée très sensiblement à point fixe, 80° sous 17^{mm} environ. Les constantes physiques mesurées pour le distillat, $d^0 = 1,349$ à $1,350$ et $n_D^{13°} = 1,389$, sont exactement celles du sulfate diméthylique, qui s'obtient ainsi pur de 1er jet. Rendement 40 pour 100. Il me faut signaler, dans ce cas particulier, l'apparition, au cours de la réaction, d'un solide dont la constitution reste à déterminer, et qui disparaît à la fin.

III. *Sulfate diéthylique* $SO^4(C^2H^5)^2$. — J'en ai étudié plus à fond la production, afin de mettre au point la technique expérimentale, et j'ai porté le rendement jusqu'à 55 pour 100 en sulfate distillé pratiquement pur.

Quand du chlorosulfonate d'éthyle reçoit un courant assez rapide de nitrite d'éthyle en vapeur, sa température s'élève vite vers son point d'ébullition. Mais il est préférable de disposer le chlorosulfonate dans un bain-marie maintenu vers 80-90°, afin de réaliser une bonne absorption du nitrite par un débit plus faible. Ce débit sera réglé de façon que la tempé-

rature du liquide demeure stationnaire aux environs de 100°; le rendement baisse si l'on dépasse notablement cette température. Les gaz mis en liberté sont commodément arrêtés dans une solution de soude. On emploiera un très léger excès de nitrite (de l'ordre de $\frac{1}{10}$ en plus de la quantité prévue par l'équation théorique), le pouvoir lacrymogène du liquide ne s'évanouissant complètement que dans ces conditions. Un plus grand excès diminue le rendement. Bien qu'il soit possible de distiller dans le vide sans laver à l'eau, ce lavage donne de suite un produit plus pur. Voici, à titre d'exemple, le compte rendu d'une expérience :

434g (3 molécules-gramme) de $SO^2\langle^{Cl}_{OC^2H^5}$, introduits dans un ballon à réfrigérant ascendant, ont été chauffés dans un bain-marie à 80-90°. On y a fait arriver progressivement 250g de $NO^2C^2H^5$ (3 molécules-gramme pèsent 225g) dont on a surveillé l'admission de façon que la température du liquide reste toujours comprise entre 95 et 105°. Ce liquide s'est coloré en rouge brun dès le début; il était plus foncé encore à la fin. Refroidi, puis agité avec de l'eau glacée, il a fourni (couche inférieure) 326g d'une huile brune légèrement trouble, qui a été abandonnée sur sulfate de soude jusqu'à parfaite limpidité. Lors de la distillation dans le vide, le thermomètre est monté de suite à 97° sous 17mm. Après séparation d'une légère tête, on a recueilli 255g de liquide incolore, à odeur fine de menthe poivrée, passé à 97-98° sous 17 à 15mm.

Constantes du distillat : $d^0 = 1,203$; $n_D^{13°} = 1,403$. Rendement : 55 pour 100.

Si l'on redistille du sulfate diéthylique fabriqué dans de semblables opérations, le liquide passe à 97-98° sous 16mm. Constantes du sulfate redistillé : $n_D^{14°,5} = 1,4022$; $d^0 = 1,202$; $d^{16°} = 1,186$ (variation de la densité : 0,0010 par degré). Réfraction moléculaire expérimentale (en adoptant $d^{14°,5} = 1,185$) : 31,66. Réfraction moléculaire calculée à partir de celle du sulfate diméthylique : 31,68 [en prenant 22,45 pour réfraction moléculaire du sulfate diméthylique (1)].

CHIMIE ORGANIQUE. — *Actions réciproques de l'acide picrique et de la cycloglycyl-glycine.* Note (2) de MM. **A. Morel** et **P. Preceptis**, transmise par M. Grignard.

Nous avons étudié ces actions dans deux cas différents :

1° *En milieu acide*, c'est-à-dire dans la solution aqueuse des deux corps, en proportions équimoléculaires, sans addition d'alcali.

(1) V. Grignard, C. Toussaint et J. Cazin, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 43, 1928, p. 541.

(2) Séance du 9 juillet 1928.

Nous avons ainsi obtenu, après ébullition prolongée et concentration dans le vide, des cristaux jaunes, qui, après lavage à l'éther et recristallisation très lente de leur dissolution dans l'eau froide, se sont déposés en tablettes brillantes. L'analyse chimique et l'étude cristallographique, celle-ci effectuée par M. A. Galy, les ont identifiés avec le monopicrate de monoglycyl-glycine

$$C^6H^2(NO^2)^3OH, \quad NH^2-CH^2-CO-NH-CH^2-COOH,$$

semblable au corps obtenu par nous par action directe de l'acide picrique sur la glycyl-glycine.

La fixation du colorant sur le peptide ne s'effectue donc pas, dans ce cas, suivant le type d'une combinaison moléculaire, mais bien par salification d'un groupement aminé, auquel une hydrolyse d'un des CO — NH du noyau 2.5-dioxopipérazinique $HN\begin{matrix}\diagup CO-CH^2 \diagdown \\ \diagdown CH^2-CO \diagup\end{matrix}NH$ a donné naissance. Le dosage de l'azote aminé par la méthode de Van Slyke nous a fourni une démonstration péremptoire de la réalité de cette hydrolyse, puisque la cycloglycyl-glycine ne laisse pas degager d'azote dans les mêmes circonstances;

2° *En milieu faiblement alcalin*, c'est-à-dire dans les conditions de la réaction picrosodique que Sasaki (¹) a montré être donnée par les cyclopeptides renfermant du glycocolle et qu'Abderhalden et Komm (²), qui l'ont étendue à la plupart des autres cyclopeptides, considèrent comme caractéristique de la présence du groupe carbonyle des noyaux 2.5-dioxopipéraziniques dans les protides.

Nous avons recherché la nature des produits de cette réaction.

Les résultats négatifs de la diazoréaction de Derrien, que nous avions déjà signalés (³) avec A. Siméon, nous indiquaient qu'on ne peut pas étendre à ces produits la constatation de la production d'acide picramique, que A. W. Dox (⁴) dit avoir faite dans la liqueur rouge provenant du chauffage de l'acide picrique avec de l'acide barbiturique et de la lessive de soude, les conditions étant différentes.

Pour pouvoir isoler ces produits, nous avons substitué au carbonate de soude l'eau de baryte, base quantitativement éliminable, par la suite, à l'état de sulfate. En con-

(¹) Sasaki, *Biochem. Zeitschr.*, 114, 1921, p. 62.
(²) Abderhalden et Komm, *Zeitschr. physiolog. Chem.*, 139, 1924, p. 183.
(³) A. Morel et A. Siméon, *Bull. Soc. chim.*, 4ᵉ série, 39, 1926, p. 1202.
(⁴) A. W. Dox, *Zeitschr. physiol. Chem.*, 150, 1925, p. 118.

centrant la solution rouge, nous avons obtenu des cristaux jaunes, orangés ou même bruns, et un dépôt d'une matière amorphe rouge foncé.

Les cristaux se sont révélés par l'analyse chimique et par l'examen cristallographique comme étant du picrate de glycyl-glycine, la coloration rouge ou brune de certains d'entre eux étant due à l'entraînement du colorant ci-dessous décrit.

Celui-ci a pu être étudié de plus près, grâce à un procédé d'isolement avantageux. Il est, en effet, précipitable sous la forme d'une poudre rouge qui renferme de 30 à 35 pour 100 de baryum, par addition d'un excès d'eau de baryte au milieu réactionnel. Cette poudre, débarrassée de baryum par l'acide sulfurique, nous a donné une substance rouge soluble dans l'eau, dans les alcalis, insoluble dans l'éther et dans le chloroforme. La diazoréaction de Derrien négative montre que cette substance ne renferme pas de phénol aminé-nitré; mais parce qu'elle est positive après réduction à l'aide du glucose, elle montre que l'on a affaire à des produits de réduction intermédiaire et incomplète de l'acide picrique.

Les constatations, que nous y avons faites, de propriétés tinctoriales sur le coton sans mordant et sur la soie, de la précipitabilité par les acétates des métaux lourds, de la non-précipitabilité presque complète par le nitron, nous y ont fait déceler par là les caractères des *composés azoxyques* que sont venus confirmer les dosages de l'azote et des groupements réductibles par le chlorure de titane. Quand on abandonne longtemps à l'air et à la lumière les eaux mères du dépôt précédent, on voit se déposer une poudre brun foncé, très peu soluble, analogue aux composés humiques et mal définis, que décrit Lobry et Bruyn (¹) dans la réduction des dérivés polynitrés sous l'action de la soude.

La production de dérivés azoxyques de réduction de l'acide picrique par la cycloglycyl-glycine en milieu alcalin ressemble donc à celle qu'ont observé récemment MM. A. Seyewetz et D. Mounier (²) sur les colorants nitrés, fixés sur le coton et exposés à la lumière ou aux rayons ultraviolets.

Elle ne nous a pas paru différer de celle que réalise beaucoup plus lentement le carbonate de soude concentré, à l'ébullition; l'action de la cycloglycyl-glycine $HN\langle{}^{CO-CH^2}_{CH^2-CO}\rangle NH$ se manifestant par une accélération considérable et la possibilité de l'emploi d'un réactif beaucoup moins alcalin.

Elle diffère, par contre, de l'action des constituants sulfurés et aldéhydiques des protides, en milieu de même alcalinité, qui, elle, va principalement jusqu'au terme aminé-nitré, facilement décelable par la diazoréaction de Derrien et dépourvu de propriétés tinctoriales.

(¹) LOBRY DE BRUYN, *Rec. Trav. chim. Pays-Bas*, 13, 1894, p. 120.

(²) A. SEYEWETZ et D. MOUNIER, *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 1279, et *Bull. Société chimique de France*, 4ᵉ série, 43, 1928, p. 648.

Mais elle ressemble à la réduction causée par la créatinine

$$HN = C \begin{matrix} \diagup NH - CO \\ \diagdown N - CH^2 \\ \quad | \\ \quad CH^3 \end{matrix},$$

qui est dans le cas des noyaux 2.5-dioxopipéraziniques, renfermant un carbonyle, qu'aucune substitution sur le C voisin n'empêche d'entrer dans un groupement énolique.

Pour ces raisons, cette formation principale de dérivés azoxyques dans les conditions de la réaction picrosodique d'Abderhalden et Komm paraît avoir, ainsi que l'ont avancé ces deux chimistes, une valeur pour confirmer les autres preuves de l'existence, dans les protides, de noyaux renfermant un pareil carbonyle.

GÉOLOGIE. — *Sur l'âge des grès du Naranco (Asturies).* Note (1) de M. G. **Delépine**, transmise par M. Ch. Barrois.

La montagne du Naranco, qui domine au Nord la ville d'Oviedo, est constituée sur son versant méridional par des calcaires dévoniens, exploités, que M. Ch. Barrois a rapportés à la zone de Moniello ou partie inférieure du Dévonien moyen (2). Ces calcaires reposent, en série renversée, sur des grès et schistes, tantôt verdâtres, tantôt ferrugineux; une bande mince, quelques mètres seulement, de calcaires blancs massifs, séparent ces grès des *marbres griottes* rouges, dont M. Barrois a démontré l'âge dinantien.

L'âge des grès du Naranco est demeuré indéterminé. On les a considérés naguère comme appartenant au Dévonien supérieur (3), sans autre raison que leur superposition à des calcaires du Dévonien moyen; le gisement du Naranco ne livre dans les grès que de rares empreintes de fossiles indéterminables.

Mais on peut suivre ces grès, et les formations qui les encadrent, à l'ouest et au sud-ouest d'Oviedo, où ils affleurent à plusieurs reprises dans les vallées du Nalon et de la Truvia.

---

(1) Séance du 17 juillet 1928.

(2) Ch. Barrois, *Recherches sur les terrains anciens des Asturies et de la Galice* (*Mém. Soc. géol. du Nord*, 2, 1, Lille, 1882, p. 496).

(3) *Livret-Guide des Excursions du XIVe Congrès géologique international, Asturies*, Madrid, 1926, p. 29-32.

Le premier de ces affleurements est situé sur les rives du Nalon, à 3km au nord de la fabrique d'armes de Truvia : aux calcaires exploités, à Stromatopores et *Pachypora polymorpha* Goldf., succèdent les grès et schistes verdâtres, relayés à plusieurs reprises par des grès ferrugineux; l'ensemble des grès et schistes atteint près de 350m; 10 à 12m d'un calcaire blanc massif séparent ces grès des *marbres griottes* du Dinantien. C'est dans les 50 derniers mètres de la série gréseuse que se trouvent les couches les plus ferrugineuses et en même temps les plus riches en fossiles; elles m'ont fourni les espèces suivantes : *Schuchertella umbraculum* Goldf., *Stropheodonta piligera* Sandb., *Schizophoria striatula* Schloth., *Chonetes minuta* Goldf., *Spirifer paradoxus* Schloth., *Cyrtina heteroclita* Defr., *Thylacocrinus* sp. et de nombreux Bryozoaires.

J'ai pu m'assurer que l'on retrouve exactement la même succession dans la vallée de la Truvia, à San Andres : calcaires dévoniens exploités, importante série de grès et schistes avec couches ferrugineuses à la partie supérieure, quelques mètres de calcaire blanc massif, celui-ci légèrement rubéfié près des grès, enfin *griottes* du Dinantien. La même série réapparaît encore deux fois entre Proaza et Teberga : au sud des gorges dites des Peñas Juntas, puis à 2km en aval d'Entrago. Dans ces deux derniers affleurements, j'ai recueilli une faune moins complète qu'au nord de Truvia, mais suffisamment caractérisée par l'abondance des mêmes *Stropheodonat* et fragments des mêmes *Spirifer* et *Cyrtina*.

La faune de ces grès ferrugineux ne laisse point de doute sur l'âge *dévonien moyen* des grès du Naranco; elle indique qu'ils se sont déposés au commencement du Dévonien moyen, à l'Eifélien. On peut donc les rapporter à la série des grès observés par M. Ch. Barrois sur toute la côte du Peroño, près de Luanco, et dont il avait reconnu l'âge dévonien moyen. La grande extension de ces formations gréseuses confirme l'observation générale formulée par cet auteur : « Il y aurait eu dans les Asturies, à la fin de l'époque dévonienne inférieure, des modifications orographiques suffisantes pour arrêter la formation des calcaires et déterminer un dépôt de couches arénacées qui se serait continué pendant toute la durée du Dévonien moyen » (1).

Une autre conclusion se dégage de ces observations. Les *marbres griottes*, qui sont la plus ancienne formation d'âge carbonifère dans les Asturies, reposent sur le Dévonien moyen dans toute la région comprise entre le

(1) Ch. Barrois, *op. cit.*, p. 478.

Naranco et Teberga; ils reposent ailleurs sur les quartzites siluriens; en quelques endroits seulement, au nord-ouest d'Oviédo, sur le Dévonien supérieur. On peut en conclure qu'une longue période d'émersion et d'érosion, qui a pu commencer en quelques points, même avant la fin du Dévonien, a précédé la transgression marine du Viséen, marquée par le dépôt des *Marbres griottes*.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur la loi de constitution de l'atmosphère.* Note [1] de M. **R. Esnault-Pelterie**, présentée par M. Fichot.

Dans une précédente Communication, l'auteur a proposé une formule absolument générale permettant la détermination de l'altitude vraie avec une bonne approximation par la simple mesure de p et T (*Comptes rendus*, 187, 1928, p. 55); on peut essayer d'appliquer les formules analogues représentant μ/μ_0 et μ en f (Z, T), à des valeurs moyennes et comparer les résultats obtenus à ceux des formules de moyennes générales usitées jusqu'ici.

Loi adoptée.	$\left(\frac{dT}{dZ}\right)_{Z=0}$.	$\left(\frac{dT}{dZ}\right)_{Z=10^{km},5}$.	$\frac{\mu}{\mu_0}$.
1. Loi linéaire simple.....	$-6^{\circ km},667$	$-6^{\circ km},667$	0,3167
2. $\frac{dT}{dZ}=-k(h+Z)^{\frac{1}{3}}$.....	-5	-8	0,3207
3. $\frac{dT}{dZ}=-k(h+Z)^{\frac{1}{2}}$....	»	$-8,09$	0,3212
4. $\frac{dT}{dZ}=-k(h+Z)$.....	»	$-8,33$	0,3218
5. $\frac{dT}{dZ}=-k(h+Z)^2$.....	»	$-8,48$	0,3219
6. Loi bilinéaire..........	»	-8	0,3232
7. Loi bilinéaire..........	»	-10	0,3267

Il est avantageux de se servir dans ce but de valeurs expérimentales moyennes ou usuelles de dT/dZ. Jai fait varier celles-ci de — 5° à — 6°667, par kilomètre au sol et de — 6°667 à — 10° par kilomètre à 10500^m d'altitude. Je considère cette dernière comme la limite de la couche « adiabatique » et sa température comme constante et égale à 219°A; le gradient maximum choisi de — 10° km correspondrait à une détente adiabatique

[1] Séance du 27 juillet 1928.

parfaite, il ne peut donc certainement jamais être atteint puisqu'il nécessiterait des courants verticaux *sans brassage* entre les masses montantes et les masses descendantes.

Les résultats sont indiqués au tableau ci-dessus.

C'est la loi 2 qui semble représenter le mieux les valeurs moyennes généralement admises pour $\frac{dT}{dZ}$ en fonction de Z, mais on voit combien $\frac{\mu_{10.500}}{\mu_0}$ varie peu quand la loi choisie varie entre les valeurs possibles pour une loi moyenne.

Si maintenant, ayant choisi par exemple la loi 2, on fait varier la température au sol T_0 de $-5°$ à $+30°$, on obtient les résultats suivants :

T_0.	$-5°$.	$0°$.	$+5°$.	$+10°$.	$+15°$.	$+20°$.	$+25°$.	$+30°$.	
$\frac{\mu_{10\,500}}{\mu_0}$..	0,2801	0,2899	0,2955	0,3090	0,3191	0,3291	0,3391	0,3491	
$\mu_{10.500}$..	0,3706	0,3763	0,3817	0,3872	0,3926	0,3980	0,4033	0,4086	10^{-3}
$\frac{p}{p_0}$....	0,2291	0,2326	0,2359	0,2393	0,2426	0,2460	0,2492	0,2524	

montrant l'action considérable de la température au sol et la nécessité, si l'on veut faire des moyennes quelque peu cohérentes, de classer les expériences en fonction de cette température au sol.

Il y a lieu de remarquer que μ est une fonction presque linéaire et croissante de T_0, tandis qu'entre les limites considérées, μ_0 est une fonction à peu près linéaire et *décroissante* de la même quantité; il y a donc lieu de supposer qu'il existe entre 0 et 10500^m une altitude pour laquelle μ est presque exactement indépendant de T_0. J'ai vérifié que le fait se réalise mathématiquement à l'altitude de 5170; il serait intéressant de le vérifier expérimentalement.

La loi n° 2 proposée doit permettre de connaître un jour quelconque la densité atmosphérique en fonction de l'altitude à quelques centièmes près par la simple mesure de la température au sol, exception faite naturellement des jours où la répartition des températures affecte une allure par trop exceptionnelle et présente, par exemple de fortes inversions.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Les gaz rares des sources thermales et les grands tremblements de terre des 14 et 18 avril 1928 en Bulgarie.* Note [1] de M. N.-P. **Péntcheff**, transmise par M. Charles Moureu.

Les tremblements de terre des 14 et 18 avril 1928 dans la Bulgarie du Sud ont provoqué une grande variation dans le régime de plusieurs sources de la région atteinte. Parmi les six sources thermales, dont nous avons analysé les gaz spontanés au point de vue des gaz rares [2], celles d'Hissar (Kuptchez et Tchouloudja) et de Kovanlik sont les plus influencées par le cataclysme.

L'influence se manifeste tout d'abord dans les changements des débits d'eau : le débit de la source Tchouloudja devint après les tremblements de terre presque double; la source de Kovanlik (captage du bain) avait tari pendant une vingtaine de jours, après quoi l'eau revint progressivement en cherchant à atteindre son débit normal. On a remarqué aussi une variation, quoique faible, dans la température.

Composition centésimale, en volumes, des gaz spontanés secs, par rapport aux gaz rares.

Date du prélèvement.	Gaz rares (en bloc).	Densité du mélange global des gaz rares (gr/litre normal).	He.	Ar.
Source : Tchouloudja (Hissar).				
9 octobre 1927 (avant les tremblements de terre)	1,382	1,721	0,054	1,328
20 mai 1928 (après les tremblements de terre)	1,378	1,715	0,059	1,319
Source : Kovanlik (captage du bain).				
6 novembre 1927 (avant les tremblements de terre)	1,978	1,578	0,254	1,724
10 juin 1928 (après les tremblements de terre)	1,992	1,575	0,259	1,733

Pour constater si les tremblements de terre ne modifieraient pas dans

(1) Séance du 17 juillet 1928.

(2) *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 511, et 186, 1928, p. 249.

une certaine mesure la teneur en gaz rares dans les gaz spontanés dés sources thermales (on pourrait attendre une modification notamment pour l'hélium), nous avons analysé de nouveau les gaz de Tchouloudja (Hissar) et de Kovanlik, d'après la méthode déjà exposée ([1]).

Le tableau ci-dessus résume les résultats de nos recherches, faites avant et après les tremblements de terre.

On voit que la teneur en gaz rares de ces deux sources reste presque invariable. Les petites différences dans les valeurs respectives sont de l'ordre des erreurs des expériences. Seule la variation dans la densité du mélange global des gaz rares de la source Tchouloudja peut être considérée comme un faible écart dans la teneur surtout pour l'hélium, mais aussi d'un ordre qui le fait négligeable.

Ces recherches, qui prouvent par voie expérimentale l'inviolabilité des gaz rares et de l'azote ([2]) par les phénomènes géologiques, élargissent la base expérimentale de la loi de constance que MM. Moureu et Lepape ont formulée relativement à la composition de l'azote brut (azote + gaz rares) des gaz naturels ([3]).

Quant à l'influence des tremblements de terre sur la radioactivité des sources thermales, on ne peut pas tirer des conclusions assez sûres, parce que les mesures respectives ont été faites longtemps avant la catastrophe.

En tout cas, les données sur la radioactivité, exposées ci-après, présentent des variations assez considérables (notamment pour la source Tchouloudja), probablement dues aux tremblements de terre.

Radioactivité par litre d'eau ([4]).

		Curie.
Source Tchouloudja	avant les tremblements de terre (en 1911)....	$17.^{-10}$
»	après les tremblements de terre (en 1928)....	44 »
Source de Kovanlik	avant les tremblements de terre (en 1916)....	110 »
»	après les tremblements de terre (en 1928)....	93 »

([1]) *Loc. cit.*

([2]) La partie principale (plus que 95 pour 100) des gaz spontanés des sources étudiées est composée d'azote.

([3]) *Journal de Chimie physique*, 11, 1913, p. 134-152.

([4]) D'après les mesures de P. B. Péntcheff.

CYTOLOGIE. — *Contribution à l'étude caryologique du genre* Medicago. Note (¹) de M. **V. Ghimpu**, transmise par M. Molliard.

On connaît les multiples travaux poursuivis sur la division nucléaire et spécialement le nombre et la disposition des chromosomes chez diverses espèces de genres complexes. Ces travaux ont permis de mieux comprendre la systématique de ces genres, de préciser les affinités pouvant exister entre certaines de ces espèces, et même, parfois, de laisser entrevoir l'origine de celles-ci; on conçoit l'intérêt que de telles recherches peuvent présenter en agriculture pour la meilleure connaissance de nombreuses plantes cultivées.

Nous avons entrepris l'étude du noyau et des chromosomes dans le genre *Medicago*, qui comprend de nombreuses espèces, toutes plantes fourragères de grande valeur, et qui n'a pas encore fait l'objet d'une étude caryologique. La caryocinèse a été étudiée et les chromosomes comptés dans des coupes transversales du méristème radiculaire de plantes en voie de germination; les liquides de Navachine, de Helly et de Lenoir ont été utilisés comme fixateurs; la coloration a été faite à l'hématoxyline ferrique de Heidenhain.

Dans le noyau quiescent on observe un réticulum au milieu duquel existe généralement un assez gros nucléole, parfois deux plus petits, rarement trois. Ces éléments ne sont pas homogènes, mais ils possèdent une structure complexe qui nous occupera ultérieurement. A la prophase une sorte de chaînette constituée par les divers chromosomes rapidement individualisés, mais placés bout à bout, apparaît dans le noyau. Il sera bientôt possible de voir un clivage se dessiner dans chacun de ces chromosomes avant qu'ils ne se rangent à la plaque équatoriale. A la fin de la prophase le ou les nucléoles disparaissent sans avoir, semble-t-il, contribué pour une grande part à la formation des chromosomes.

Pour les 14 espèces étudiées il a été possible de déterminer à la métaphase les nombres suivants ($2n$) :

Section	*Falcago* :	*Medicago sativa*	32
»	*Lupularia* :	*M. lupulina*	16
»	*Spirocarpos* :	*M. scutellata*	32
»	»	*M. orbicularis*	16

(¹) Séance du 17 juillet 1928.

Section *Spirocarpos* :	*M. Echinus*	....	16
»	»	*M. disciformis*	16
»	»	*M. minima*	16
»	»	*M. maculata*	16
»	»	*M. sphærocarpa*	16
»	»	*M. rigidula*	16
»	»	*M. tornata*	16
»	»	*M. Fenoreana*	16
»	»	*M. truncatula*	16
»	»	*M. Helix*	16

1. 2. 3

4. 5. 6.

7. 8 9.

Images de mitoses somatiques chez divers *Médicago*.
Métaphases : 1. *M. sativa;* 2. *M, scutellata;* 3. *M. orbicularis;* 4. *M. minima;* 5. *M. maculata;* 6. *M. sphærocarpa;* 7. *M. lupulina;* 8. *M. disciformis*. Anaphase : 9. *M. Echinus* (gross. env. 1800).

Ces chromosomes se présentent tous sous la forme d'une anse. Dans une même espèce il n'existe aucune différence sensible dans la taille respective

des chromosomes; par contre, des variations assez grandes peuvent être constatées d'espèce à espèce. Dès maintenant on peut entrevoir une répartition en quatre groupes, d'après le nombre et la dimension des chromosomes, des diverses espèces du genre *Medicago* : 1° espèces possédant 16 chromosomes de grande taille : *M. orbicularis;* 2° espèces possédant 16 chromosomes de taille moyenne : *M. Echinus;* 3° espèces possédant 32 chromosomes de taille moyenne : *M. sativa;* 4° espèces possédant 16 chromosomes de petite taille : *M. scutellata, M. minima*, *M. lupulina*, etc. (¹) Ce groupement ne correspond pas exactement à celui établi par les systématiciens d'après les caractères morphologiques de la gousse. Il faut cependant remarquer que *M. sativa*, l'unique espèce de la section *Falcago*, étudiée ici, possède un matériel chromosomique qui lui est tout à fait propre. De nouvelles recherches sont dès maintenant entreprises pour préciser les caractères caryologiques des espèces de *Medicago* et reconnaître jusqu'à quel point cette connaissance peut éclairer la systématique du genre. Il ne semble pas prématuré de penser que grâce à la caryologie, il sera possible de procéder scientifiquement à un contrôle averti des semences de *Medicago*, contrôle particulièrement difficile par l'examen des caractères extérieurs, en raison de la grande similitude morphologique des graines des diverses espèces.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur les échanges respiratoires des plantes attaquées par des Urédinées*. Note de M. **Maresquelle**, présentée par M. Blaringhem.

On sait que les tissus végétaux envahis par des champignons endophytes ont une respiration bien plus active que les mêmes tissus indemnes : dès 1920, M. Nicolas (²) le montrait sur de nombreux exemples. Mais M. Kourssanow (³), étudiant récemment un cas particulier (*Ustilago Tritici*), observait une stimulation générale des échanges respiratoires de la plante attaquée : jusque dans les organes qui ne sont pas effectivement envahis par le parasite.

Je donne ici les conclusions d'études poursuivies depuis deux ans sur les

(¹) On ne peut, d'après les figures représentées ici, juger d'une manière précise ni de la forme ni de la taille des chromosomes qui sont en effet situés dans des plans différents.

(²) *Comptes rendus*, 170, 1920, p. 750.

(³) *Revue générale de Botanique*, 40, 1928, p. 277.

Urédinées. Elles apportent une interprétation de la nature du phénomène : il n'y a pas lieu d'invoquer une stimulation des tissus de l'hôte par le parasite ; on doit attribuer l'accroissement des échanges à la respiration propre du champignon.

Les mesures portent sur une quinzaine d'espèces différentes ; elles ont pour objet des organes, ou fragments d'organes, uniformément envahis par le mycélium en voie de fructification

L'intensité respiratoire est mesurée par l'absorption horaire d'oxygène, rapportée au poids sec (respiration en atmosphère confinée, analyse eudiométrique des produits de la respiration selon la technique Laulanié-Plantefol, 1925).

Les résultats généraux confirment entièrement ceux de M. Nicolas ; le tissu parasité a une intensité respiratoire plus forte que le tissu indemne (augmentation très variable, e plus souvent comprise entre 50 et 125 pour 100). Pour le quotient respiratoire, il n'y a pas de règle : tantôt plus fort, tantôt plus faible chez la plante attaquée que chez la plante saine, il oscille généralement entre 0,8 et 1.

Trois sortes d'observations contribuent à l'analyse du phénomène :

1° Les échanges respiratoires sont le plus intenses avant la maturation des spores, c'est-à-dire quand le mycélium est le plus abondant ; ils diminuent ensuite, quand les spores mûrissent et que le mycélium se vide à leur profit.

Par exemple, les feuilles d'*Euphorbia verrucosa* Lam., atteintes de la Rouille *Uromyces excavatus* (D. C.) Lév. III, m'ont donné, à un stade où les sores ébauchés ne sont pas encore épanouis, une intensité respiratoire de $1^{cm^3},66$ (oxygène absorbé par gramme/sec/heure) ; au stade de pleine maturité, elle n'était plus que de $0^{cm^3},82$. Pour les feuilles saines elle était de $0^{cm^3},61$. Ici la présence du parasite détermine une augmentation d'intensité respiratoire de 172 pour 100 avant la maturation, 34 pour 100 après.

Autre exemple : *Puccinia Vincæ* (D. C.) Berk. sur *Vinca major* L. a fourni les chiffres suivants : augmentation de 76 pour 100 avant maturation, de 8 pour 100 après.

2° L'augmentation des échanges s'observe dans le tissu envahi, mais non dans les tissus voisins indemnes.

On obtient des résultats très réguliers avec la Rouille grillagée du Poirier [*Gymnosporangium Sabinæ* (Dicks.) Winter I sur *Pirus communis* L.] : on découpe, dans le limbe, des plages rouillées, des fragments indemnes contigus aux plages rouillées, enfin des fragments de limbe indemne éloignés de toute zone d'attaque. On constitue ainsi trois lots, dont on mesure l'intensité respiratoire :

Tissu attaqué	1,04	1,08	1,11	»
Tissu sain voisin du tissu attaqué	0,58	0,58	0,49	»
Tissu sain témoin	0,48	0,50	0,52	0,60

3° L'accroissement de l'intensité respiratoire existe aussi bien pour les Rouilles déformantes et pour les Rouilles sans action morphogène :

Rouilles déformantes :
Uromyces scutellatus (Schr.) Lév. sur *Euphorbia cyparissias* L. .... 100 %
Puccinia Agropyri Ell. et Ev. sur *Clematis vitalba* L. .... 50 »
Rouilles non déformantes :
Puccinia Malvacearum Mont. sur *Althaea rosea* L. .... 50 »
Melampsorella Symphyti (D. C.) Bub. sur *Symphytum officinale* L. ...... de 40 à 140 »

Ces trois résultats ne comportent que des restrictions de détail : dans certains cas, j'ai observé, chez les tissus indemnes voisins des zones attaquées, une respiration supérieure à la normale : il y a donc stimulation des échanges de l'hôte lui-même (*Puccinia Adoxæ* Hedw. sur *Adoxa moschatellina* L.) (1) ; mais la différence n'est que rarement importante. D'autre part, en ce qui concerne les Rouilles déformantes, il est vraisemblable que le tissu hypertrophié de l'hôte a une respiration propre différente de celle du tissu sain ; mais ceci aussi ne doit être qu'un petit phénomène, puisque les résultats sont de même ordre quand le parasite est déformant et quand il ne l'est pas.

Conclusion. — L'augmentation des échanges respiratoires, déterminée par le parasite, est liée avant tout à la présence et à l'abondance du mycélium : je l'attribue à la respiration propre de ce dernier. Le phénomène doit se ramener à l'addition de deux métabolismes. Cela n'exclut pas toute action spécifique ; mais l'Urédinée est d'abord *un parasite qui se nourrit.*

AGRONOMIE. — *L'agronomie alpine appliquée à l'étude de la formation des terres arables.* Note (2) de M. **Laurent Rigotard**, présentée par M. L. Cayeux.

Les recherches d'agronomie faites sur les montagnes peuvent renseigner très utilement sur la formation des sols, sur la genèse de leurs caractères physiques, chimiques et biologiques. Je viens de m'en rendre compte en examinant des sols des montagnes du Dauphiné depuis 200^m jusqu'à 3200^m d'altitude. (Recherches faites sous le patronage de l'Institut des Recherches agronomiques.)

(1) Voir aussi les observations de M. Kourssanow (*loc. cit.*).
(2) Séance du 2 juillet 1928.

Près du sommet des pics isolés, aucun apport d'élément extérieur ne trouble la désagrégation presque uniquement physique des roches sous l'influence des gelées répétées, de la foudre, des radiations ultraviolettes, etc. En descendant la pente, on peut suivre pas à pas la fragmentation du massif rocheux, puis des blocs et des cailloux, qui, roulant sur les flancs de la montagne, forment, dès que l'inclinaison des versants est atténuée, des sols fixés, au moins temporairement, où la végétation s'établit. On constate l'altération de plusieurs minéraux constituants. L'analyse chimique renseigne sur les éléments fertilisants qu'ils apportent au sol. Dès que la végétation s'installe, elle retient et rassemble dans la couche superficielle des éléments fertilisants qui, sans elle, seraient entraînés par les eaux météoriques.

L'analyse physique et chimique des roches mères et des terres naissantes qui en sont formées montre l'apparition et le développement du caractère de fertilité. Elle montre en particulier que *les terres de montagnes ne sont pas des terres pauvres* au sens agronomique du mot, elles sont, même aux hautes altitudes, assez riches en éléments nutritifs pour porter une puissante végétation dès que les conditions climatiques permettent son développement.

Si l'on descend de l'arête supérieure d'une montagne dans les vallons torrentiels puis dans les vallées basses, on rencontre des sols de plus en plus complexes où les caractères donnés par une roche initiale considérée se fusionnent à ceux provenant d'autres roches situées à des niveaux inférieurs ou dont les débris sont amenés aux confluents des vallons ou des éboulis des pentes. On assiste ainsi à la formation de sols composés après avoir étudié les sols élémentaires formés sur la surface des diverses roches situées en amont.

En poursuivant cette étude on se rend compte que *l'origine géologique des terres a une grande influence sur leurs propriétés physiques, chimiques, sur l'ensemble de leurs caractères agronomiques*. Mais si l'on se borne à étudier un sol de plaine dont on n'a pas suivi la formation progressive comme fait l'agronomie alpine, on a beaucoup de peine à reconnaître les causes géologiques, minéralogiques, etc., qui ont déterminé les caractères d'un sol de cette nature qui représente un maximum de complexité par suite du grand nombre d'éléments qui ont été mélangés pour concourir à sa formation.

Ceci explique l'opinion des agronomes (Glinka) qui ont pu penser que l'origine géologique des sols a peu d'influence sur leurs propriétés agronomiques. Cette assertion doit être limitée surtout aux terrains appelés

« podsols » par les pédologues russes et allemands, podsols formés sur la surface de plaines très étendues où aucun apport n'a pu être fait depuis des époques géologiques déjà anciennes, où seuls le climat et la végétation ont agi pour donner à la terre ses caractères et sa « structure » tout à fait spéciaux. M. Vilensky d'ailleurs dans sa classification des sols, basée surtout sur l'influence du climat, a montré que les sols de cette nature l'avaient préoccupé principalement. M. Agafonoff étudiant les sols de France a constaté « que les terres y sont faiblement podsolisées ». Il est possible d'accorder l'opinion des pédologues russes sur la genèse des terres arables avec celle des agronomes qui étudient les sols des régions montagneuses. L'accord s'établit à mesure que les pédologues habitués à l'étude des vastes plaines se dirigent vers les montagnes d'une part, et que les études d'agronomie alpine nous conduisent de la haute montagne vers la plaine.

Dans nos observations nous avons surtout envisagé les sols d'origine exclusivement continentale : roches cristallines. Les quelques études comparatives faites sur les sols issus de roches cristallines (Dauphiné) ou de roches volcaniques (Italie) et sur ceux issus de roches sédimentaires ont confirmé l'importance du rôle de la mer : argile plus abondante dans les roches sédimentaires, etc. D'autre part, des observations de l'action de la mer sur les roches montrent qu'elle est importante : action de dissolution par exemple (1).

Il résulte des considérations qui précèdent que l'on peut envisager une refonte complète des classifications de sols, basée sur une meilleure connaissance de leur formation progressive à partir des diverses roches composant la surface de la Terre, et une plus précise connaissance de l'action des divers facteurs agissant pour créer de la terre arable avec des roches. Toutes les classifications tentées semblent faites à un point de vue trop particulier ou bien résulter d'études faites sur des sols qui ne représentent pas tous les cas qui se produisent dans la nature. Aucune ne doit donc être adoptée à l'heure actuelle comme classique, et le problème est à reprendre sur des bases très générales et très étendues.

---

(1) Dans des roches leucitiques, on a constaté à partir d'une certaine altitude la dissolution de la leucite qui peut être attribuée à une immersion. Observation faite par M. Félix Jourdan qui étudie les roches leucitiques et leur traitement industriel dans les exploitations entreprises par le baron Alberto Blanc à Roccamonfina, sud-est de Rome (Italie).

BIOLOGIE AGRICOLE. — *Sur la présence de formes du type* Inflatum *dans* Triticum durum *Desf.* Note de M. **E. Miège**, présentée par M. L. Blaringhem.

Dans deux Notes précédentes, j'ai signalé, d'une part, l'apparition, dans la descendance d'un hybride intraspécifique, de formes nouvelles, botaniquement très éloignées des géniteurs par tout un ensemble de caractères ([1]) et, d'autre part, celle de divers exemplaires, parfaitement caractérisés, du type « inflatum » de Vavilov, dans des lignées *Triticum vulgare* Vill., de même provenance hybride (1927). Jusqu'ici les épis, présentant des glumes et des glumelles à excroissances analogues aux capuzes, n'avaient été trouvés que dans cette dernière espèce, mais en 1927, j'en ai découvert plusieurs sur des plantes appartenant à *Triticum durum* Desf. et issues (en F. 6) du même croisement primitif : *Triticum vulgare* sp. ♁ × *Triticum vulgare* type *oasiculum* Ducel. ♂.

Le caractère « inflatum » s'est manifesté dans trois lignées différentes. Dans l'une (n° 241), je l'ai rencontré sur une plante à épi lisse, roux, pyramidal, et court, où toutes les glumelles, sauf celles des deux épillets de base, portaient sur une très courte arête élargie à son insertion et remplaçant la barbe un appendice mesurant 4×4^{mm}. Dans la seconde (n° 221), à épi blanc roussâtre, velu, rectangulaire, les barbules, larges à la base, fines au sommet et fortement tordues, montraient une légère excroissance en forme de capuchon, particulièrement nette sur une glumelle du deuxième épillet. Dans la dernière enfin (n° 299), à épi effilé, les appendices mesurant $5 \times 2^{mm},5$, existaient sur les deux faces de l'épi et dans les quatre épillets du sommet. Les glumes étaient toujours intactes et normales, contrairement à ce que j'avais constaté dans les blés tendres décrits antérieurement et qui étaient plus profondément modifiés; toutefois, la transformation des barbes et des glumelles était beaucoup plus accusée que dans le *Triticum durum-circumflexum* de Körnicke et rappelait bien davantage le type *inflatum* adopté par Flaksberger et par Vavilov, que cette dernière variété.

Il peut être intéressant de rapprocher ces observations du fait que j'ai trouvé également en 1927, des épis *inflata* dans des lignées hybrides de

([1]) E. Miège, *Apparition de* Triticum Durum *Desf. dans la descendance d'hybrides de deux* Trit. vulgare (*Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1096).

Triticum durum Desf. provenant, cette fois, du croisement de deux blés durs typiques : une variété du groupe marocain Zreah (n° 030) (Var. *valenciæ* Körn.) et une variété saharienne (Amekkaoui) (Var. *hordeïforme* Körn.) qui a, d'ailleurs, la même origine que *Triticum vulgare* du type *oasicolum* employé dans le croisement précédent.

Cependant, ce caractère n'existe ici que sur un seul épi (en F. 3) roux, lisse, de faible compacité; il est net sur une glumelle du second épillet de base, où les appendices mesurent respectivement 5×3^{mm} et $5 \times 1^{mm},5$; les deux excroissances sont légèrement velues à leur partie médiane et portent, à leur pourtour, un assez grand nombre de poils roux-clairs ou fauves, courts et bien fournis.

Il convient de remarquer que je n'ai observé cette présence du caractère *inflatum* sur des spécimens de *Triticum vulgare* Vill. et de *Triticum durum* Desf. que sur des plantes hybrides et, d'autre part, que dans la descendance de croisements où l'un des géniteurs appartenait à une variété saharienne. Comme je le disais précédemment, ces faits peuvent militer en faveur d'une parenté entre les formes *oasicolum* Ducel. et les types *inflatum* proposés par Flastberger et Vavilov, mais ils peuvent aussi être interprétés comme une conséquence et une manifestation plus ou moins fixée de l'état hybride des blés étudiés.

PHYSIOLOGIE. — *Sur la lipase des chenilles de* Galleria mellonella. Note (1) de M. V. **Pertzoff**, présentée par M. Roux.

M. S. Metalnicov, dans ses premiers travaux sur l'étude bactériologique des insectes, a émis l'opinion que la destruction très rapide des bacilles tuberculeux dans le corps des chenilles de *Galleria mellonella* se produit sous l'influence du ferment lipolytique qui attaque l'enveloppe cireuse de ces bacilles. Metalnicov a appuyé cette opinion par des preuves théoriques et surtout par de nombreuses expériences (2).

Depuis, Fontes (3), Bergel (4), Fiessenger (5) et plusieurs autres auteurs

(1) Séance du 17 juillet 1928.

(2) Metalnicov, *Arch. Sciences Biolog.*, 12, 1907, p. 10; *Zeit. f. Imm.*, 22, 1914, p. 235.

(3) Fontes, *Études sur la tuberculose* (*Mem. do Instituto Oswaldo Cruz Rio-de-Janeiro*, 1909).

(4) Bergel, *Fettspaltendes Ferment*, *Munch. Med. Woch*, 56, 1909, p, 64; *Limphozitose*, *Berlin*, *Klin. Woch.*, 48, 1921, p. 995.

(5) Fiessinger, *Les Ferments des Leucocytes*, p. 149; Masson, édit., 1923.

ont entièrement confirmé les travaux de S. Metalnicov sur ce sujet. Fiessenger a trouvé que la lipase de ces chenilles détruit la cire purifiée des abeilles en mettant en liberté les acides, et de même elle exerce une action hydrolysante sur la substance cireuse extraite des bacilles tuberculeux. D'après Fiessenger, les extraits des chenilles contenant la lipase ne détruisent pas les bacilles tuberculeux.

Dernièrement, nous avons repris cette question.

Pour déterminer le degré de l'hydrolyse, nous avons utilisé la méthode de Willstatter, la titration en présence de l'alcool. Comme indicateur, nous avons employé le bleu de bromothymol.

Nous avons préparé de la manière suivante les extraits contenant la lipase : les chenilles finement broyées ont été dégraissées par l'acétone et la poudre obtenue a été conservée dans l'exsiccateur sur l'acide sulfurique pur. Au fur et à mesure de la nécessité, la poudre a été triturée avec différents solvants; la solution obtenue a été centrifugée pour la séparer des particules non dissoutes, et le liquide clair obtenu a été employé à l'expérimentation. Nous avons fait les expériences d'hydrolyse dans le milieu dont la concentration en ion hydrogène est égale à $pH = 8,2 \pm 1$, et à la température de 37° et de 45°. Comme témoins, nous nous sommes servi de solutions du ferment chauffée à 100°, ainsi que d'un mélange de lipase et des substances qui servent à l'hydrolyse, plus de l'alcool absolu.

Ces deux méthodes ont donné des résultats exactement analogues; donc la présence de l'alcool éthylique empêche l'action de la lipase.

Dans une première série d'expériences, nous avons étudié l'action du ferment lipolytique des chenilles de *Galleria* sur l'huile d'olives. Les résultats obtenus nous ont montré que la lipase ou les lipases de la poudre sèche sont également solubles dans la glycérine à 50 pour 100, dans la solution moléculaire de NaCl et dans l'eau alcalinisée par l'ammoniaque. Le chauffage de la poudre dans la glycérine à 50 pour 100 pendant 24 heures à la températere de 37° n'augmente pas la quantité de la lipase dissoute.

Dans nos expériences suivantes, nous avons toujours utilisé la solution moléculaire de NaCl pour l'extraction de la lipase et nous nous sommes servi de toluène comme antiseptique.

La lipase des chenilles de *Galleria mellonella* exercent une action hydrolysante sur l'émulsion d'huile d'olives et sur l'émulsion de la cire des abeilles.

Nos expériences nous ont montré que, dans des conditions identiques, l'huile d'olives est un peu plus hydrolysée que la cire des abeilles. Les expériences sur les bacilles tuberculeux tués par la chaleur ont démontré de

même, qu'à la température de 45°, la lipase de *Galleria* exerce une action hydrolysante sur ces bactéries en mettant en liberté le groupement carboxyle.

De plus, nous avons étudié l'action de nos extraits de chenilles de mites des abeilles sur les bacilles tuberculeux vivants. Nous n'avons pas observé une destruction complète des bacilles, mais des changements très caractéristiques de ceux-ci se produisant sous l'influence des extraits : les bacilles se dissocient en *granules* et très souvent perdent leur acido-résistance.

Toutes ces expériences confirment pleinement l'opinion que M. S. Metalnikov a été le premier à émettre sur le rôle du ferment lipolytique dans l'infection tuberculeuse.

PHYSIOLOGIE. — *Insuline, Folliculine et Glycémie, chez le chien normal.* Note de MM. **F. Rathery**, **R. Kourilsky** et Mlle **Yv. Laurent**, présentée par M. A. Desgrez.

L'action hypoglycémiante de l'insuline peut être considérée comme un fait général, bien qu'il existe, dans l'importance et la durée des dénivellations glycémiques produites par cette hormone, des variations individuelles importantes. L'un de nous, avec Desgrez et Bierry (1) a déjà insisté sur cette particularité, que nous avons retrouvée depuis, au cours de nombreuses recherches expérimentales.

Par contre, l'action de la folliculine sur la glycémie est encore très peu connue; nous avons montré récemment que la folliculine avait, sur le taux du sucre sanguin, une influence incontestable qui se traduisait, le plus souvent, par une élévation glycémique.

Comme un certain nombre de travaux cliniques (2)-(3) ont établi que l'extrait folliculaire pouvait jouer un rôle dans le déterminisme de quelques syndromes diabétiques chez la femme, nous avons cherché à mettre en évidence, expérimentalement, quelle pourrait être l'influence réciproque des deux hormones sur la glycémie.

Déjà Vogt (4) admet qu'il y a chez la femme une corrélation très nette

(1) Desgrez, Bierry et Rathery, *Bull. Acad. Méd.*, 91, 1924, p. 407.
(2) Carnot Terris et Caroli, *Bull. et Mém. Soc. Méd. Hôp.*, 52, 1928, p. 738.
(3) Rathery et Rudolf, *Bull. et Mém. Soc. Méd. Hôp.*, 52, 1928, p. 741.
(4) Vogt, *Deutsch Med. Woch.*, 54, 1928, p. 701.

entre l'action de l'insuline et l'état du cycle ovarien; l'insuline donnerait le maximum de son effet hypoglycémiant au moment où la folliculine est à son taux de secrétion maxima. Expérimentalement, Dickens, Dodds et Wright ont mis en évidence, chez la souris et chez le lapin, une résistance à l'insuline lorsque ces animaux avaient reçu des injections préalables de folliculine.

Technique. — Nous avons cherché l'influence des injections simultanées de folliculine (10 unités) et d'insuline (20 unités) chez des chiens et des chiennes normales de 14 à 15^{kg}, soit sur la glycémie à jeun, soit sur l'hyperglycémie provoquée par l'ingestion de 20^{g} de glucose.

Nous avons pu nous rendre compte que les réactions glycémiques consécutives à l'ingestion de glucose seul, ou combinée à l'injection d'insuline, étaient sujettes, comme l'hypoglycémie insulinique elle-même, à de telles variations individuelles qu'il était préférable de déterminer, pour chaque chien, la courbe de glycémie qui lui était propre, à la fois pour l'ingestion de sucre et pour l'injection de chacune des deux hormones.

D'une façon générale, cependant, l'ingestion de glucose détermine une élévation immédiate de glycémie, atteignant son maximum de 1 à 2 heures après l'injection et retombant après 5 heures à un niveau habituellement encore supérieur au taux initial.

Lorsqu'on a injecté l'insuline en même temps que l'on fait ingérer le glucose, on constate que l'hormone atténue sans la niveler la montée hyperglycémique immédiate, consécutive à l'ingestion de glucose. Sa forte action hypoglycémiante n'apparaît qu'au bout de 1 à 2 heures suivant les cas; elle se prolonge, en s'accentuant encore, 5 heures après.

La courbe se fait donc en deux temps.

La folliculine injectée en même temps que l'insuline détermine les modifications suivantes :

A. Chiens normaux. — *Hyperglycémie provoquée* (2 animaux). — La folliculine modifie la courbe obtenue après l'ingestion de sucre et l'injection d'insuline. Chez l'un des animaux, l'hypoglycémie insulinique a été à peine prononcée et très brève; elle fut observée nettement chez l'autre, mais avec une moindre intensité que normalement, et, surtout, son déclenchement fut *très retardé* par la folliculine

		Glycémie.
Au bout de 2^{h}30^{m}	Insuline	0^{g},60
	Insuline et folliculine	1^{g},03

B. Chiennes normales. — *a. Hyperglycémie provoquée* (2 animaux). — L'insuline laissait apparaître une hyperglycémie immédiate assez accentuée et au bout de 3 heures son effet hypoglycémiant propre.

L'injection simultanée de folliculine eut pour conséquence, chez le premier animal : 1° d'atténuer l'action immédiate de l'insuline et de permettre une poussée hyperglycémique initiale plus forte; 2° de retarder sans l'empêcher, la chute tardive de la glycémie.

Chez l'autre animal, la folliculine a amorti, à tous ses stades, l'action de l'insuline : l'hyperglycémie initiale, consécutive à l'ingestion de glucose, est plus élevée, l'hypoglycémie tardive due à l'insuline plus faible.

	Glycémie.				
	Avant.	1/2 heure.	1 heure.	2 heures.	3 heures.
Insuline	1,04	0,93	1,63	1,52	0,92
Insuline et Folliculine	1,06	2,04	2,15	1,58	1,11

b. *Courbe de la glycémie à jeun* (2 animaux). — La folliculine a eu, dans ces deux cas, une action frénatrice évidente sur l'hypoglycémie insulinique; elle a même déterminé au bout de 2 heures, chez l'une des chiennes, un relèvement de la glycémie; chez l'autre elle a restreint l'action de l'insuline dans des proportions considérables, comme en témoignent les chiffres suivants :

	Glycémie			
Injection.	Avant.	1/2 heure.	1 heure.	2 heures.
Insuline	1,34	1,35	0,84	0,83
Insuline et folliculine	1,37	1,36	1,23	1,22

Conclusions. — La folliculine et l'insuline ont des effets antagonistes sur la glycémie. La folliculine freine l'action de l'insuline. Chez l'animal à jeun, elle diminue son effet hypoglycémiant; chez le chien ou chez la chienne en état d'hyperglycémie alimentaire, la folliculine empêche l'insuline de réduire, dans ses proportions habituelles, la poussée initiale hyperglycémique consécutive à l'ingestion de glucose et retarde, sans la supprimer le plus souvent, l'hypoglycémie tardive due à l'insuline.

PHYSIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Électrocardiographie au moyen d'oscillographes industriels.* Note de M. **Philippe Fabre**, transmise par M. d'Arsonval.

Un certain nombre de tentatives ont été faites en vue d'amplifier les forces électromotrices mises en jeu par les contractions musculaires. La difficulté que les expérimentateurs n'ont pu vaincre à notre connaissance

tient à l'accrochage spontané d'oscillations entre étages de triodes lorsqu'ils sont nombreux et à l'influence des champs extérieurs sur un système étendu très sensible. Nous avons pu obtenir des tracés d'une bonne amplitude à l'aide de simples oscillographes industriels (oscillographe optique de Dubois, magnéto-oscillographe d'Abraham (Carpentier) en utilisant seulement deux lampes du type à écran de plaque.

Le courant traversant ces lampes était rendu constant grâce à un kenotron travaillant à saturation, en série avec chacune d'elles. Leur coefficient d'amplification était ainsi utilisé intégralement et la marge des variations possibles du potentiel de grille considérablement accrue. Pour la lampe Philips A 442, alimentée sous 320 volts, ce coefficient s'est révélé égal à 260 et la marge du potentiel de grille de 1 volt environ. Les deux étages donnent donc un coefficient total supérieur à 60000. En réalité la tendance à l'accrochage empêche le fonctionnement à plein rendement et il faut, au moyen d'un potentiomètre, régler le potentiel de la première grille de façon que le système soit à la limite où l'accrochage va se produire. C'est d'ailleurs la seule manœuvre à effectuer. La liaison des deux étages, qu'il est utile de blinder séparément, s'effectue par un condensateur d'assez forte capacité et de très bon isolement; faute de quoi il faut pallier aux fuites par une batterie de piles en série avec la résistance normalement placée entre grille et filament dans ce mode de liaison.

Les variations de potentiel-plaque du deuxième étage sont transmises à la grille d'une troisième lampe de puissance qui actionne l'oscillographe par son courant de plaque. L'appréciation des pulsations électriques à l'oscillographe permet de régler le potentiomètre et d'obtenir une amplitude maxima généralement assez stable. Grâce à la liaison par condensateur, le courant continu de peau n'a aucune influence.

Nous donnerons par ailleurs le schéma du montage et la reproduction des tracés optiques et des tracés sur papier enfumé que nous venons d'obtenir avec lui.

Le principal avantage du système que nous proposons tient à la modicité du prix de ses éléments, à la robustesse des oscillographes industriels jointe à leur grande fidélité pour les mouvements rapides.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Transmission de la piroplasmose bovine à* Theileria dispar *de l'Afrique du Nord par la tique* Hyalomma mauritanicum. Note de MM. **Edm. Sergent**, **A. Donatien**, **L. Parrot**, **F. Lestoquard**, présentée par M. Roux.

Les piroplasmoses bovines dues à des parasites du genre *Theileria*, ou theilérioses, sont répandues dans toute l'Afrique; elles sévissent aussi en Europe dans les Balkans, en Asie de l'Anatolie au Turkestan et à la Chine; on les a signalées en Nouvelle-Guinée. L'Amérique en est indemne.

On ne connaît jusqu'à présent leurs agents de transmission que dans l'Afrique australe, où Lounsbury et Theiler ont montré que la piroplasmose due à *Theileria parva*, ou fièvre de la côte, est propagée par la piqûre de cinq tiques, appartenant toutes au genre *Rhipicephalus : Rhipicephalus appendiculatus* Neumann, *Rh. simus* Koch, *Rh. capensis* Koch, *Rh. nitens* Neumann, *Rh. evertsi* Neumann.

Ayant reconnu l'existence en Afrique du Nord d'une theilériose voisine de la fièvre de la côte de l'Afrique australe, mais due à un parasite d'une espèce différente, *Theileria dispar*, nous avons recherché l'agent de sa propagation. Les cinq tiques du genre *Rhipicephalus* qui propagent la theilériose en Afrique australe n'existent pas en Afrique du Nord ([1]). Nous avons donc voulu voir si elles n'étaient pas remplacées ici, dans leur rôle de propagatrices des *Theileria*, par d'autres tiques du même genre *Rhipicephalus*. Les tiques nord-africaines de ce genre appartiennent à l'espèce *Rh. bursa* (Canestrini et Fanzago) 1877 et à l'espèce *Rh. sanguineus* (Latreille 1806). Les nombreuses expériences réalisées avec ces deux espèces de tiques, prélevées dans des champs maudits ou sur des animaux atteints d'infection naturelle, ou bien nourries au laboratoire sur des animaux infectés expérimentalement, sont restées infructueuses.

Au contraire nous avons donné, 9 fois sur 9 essais, la théilériose nord-africaine avec des tiques appartenant à l'espèce *Hyalomma mauritanicum* Sevenet 1922 (voisine de *Hyalomma scupense* Schulze 1918). Les veaux servant aux expériences étaient de la race d'Aubrac, importés récemment

([1]) Nous avons d'ailleurs constaté que des *Rhipicephalus appendiculatus*, que MM. Theiler et Du Toit avaient bien voulu nous envoyer de l'Afrique australe, se sont montrés incapables de transmettre expérimentalement *Theileria dispar* de l'Afrique du Nord.

de France et gardés à Alger dans des étables à l'abri des tiques. Les *Hyalomma mauritanicum* placés sur ces veaux étaient de jeunes adultes prélevés à 400^{km} d'Alger, dans leurs gîtes naturels, au milieu d'une région très infectée de théilériose. Les *H. mauritanicum* ont été presque tous trouvés dans les interstices qui séparent les pierres des murs des cours où le troupeau de bovins passe la nuit; quelques-uns seulement ont été capturés dans les prairies. Dans 8 cas on avait placé une vingtaine de jeunes tiques femelles et autant de mâles sur le veau; dans un cas, 200 femelles et autant de mâles. Les 9 veaux ont présenté, après une incubation de 10 à 14 jours, un accès thermique; les corps en grenade ont été trouvés dans le foie, la rate, ou les ganglions, et les petites formes annulaires ont apparu dans le sang périphérique. Trois veaux sur neuf ont succombé à leur infection.

Les tiques du genre *Hyalomma*, qui sont très répandues, n'avaient pas encore été reconnues capables de jouer un rôle dans la transmission des piroplasmoses.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *L'homme est moins sensible que le* Macacus rhezus *au virus de la fièvre jaune*. Note de M. E. **Marchoux**, présentée par M. Roux.

On a attribué à des contaminations de laboratoire la mort de trois savants, Stokes, Noguchi et Young, qui étudiaient la fièvre jaune à la Côte Occidentale d'Afrique. Le D[r] Beuuwkes, à la Conférence intercoloniale de Dakar, a annoncé, en faveur de cette opinion, que le virus traverse la peau intacte du *M. rhezus*, bien que, chose curieuse, il ne passe ni par la conjonctive, ni par la muqueuse buccale.

Cette perméabilité de la peau, plus grande que celle des muqueuses, nous a paru étrange et, d'autre part, nous ne pouvions qu'être profondément surpris d'affirmations en si complet désaccord avec nos propres observations relativement aux contaminations superficielles.

Nous avons en effet, les mains nues et sans prendre aucune précaution, pratiqué des centaines d'autopsies quelques minutes après la mort, car au Brésil l'enterrement se fait très vite; parfois les rebords costaux, nous éraflant la peau, ouvraient des portes d'entrée au virus; en saignant des malades, souvent dès le premier jour de leur affection, nous avons eu les mains souillées de sang septique; il est arrivé maintes fois que du sang ou des liquides organiques nous giclent au visage. Nous avons usé au papier

de verre l'épiderme de deux sujets qui par dépôt de sang virulent sur cette lésion n'ont été ni contaminés ni vaccinés.

Il nous parut donc indispensable de répéter l'expérience du Dr Beuuwkes. A cet effet nous avons inoculé, le 6 juillet, quatre *M. rhezus* avec du virus qui a été recueilli au Sénégal, et entretenu à Paris par notre collègue Auguste Pettit qui nous l'a aimablement transmis.

Le singe n° 1 reçoit dans le péritoine 1^{cm^3} d'émulsion de foie d'un singe sacrifié mourant.

Au n° 3, on applique quelques gouttes du même liquide sur la peau de l'aine gauche sacrifiée jusqu'au tissu conjonctif sous-cutané. Le virus est resté en place jusqu'à dessiccation.

La même opération est pratiquée de la même manière, mais sur la peau saine de l'aine gauche du n° 3.

Enfin le n° 4 reçoit une goutte de virus dans le sac conjonctival droit.

Le n° 1 présente, le 9 juillet, une température rectale de 39°7 et, le 10, inférieure à 37°; le 11, il meurt. A l'autopsie on trouve de l'ictère sous-cutané, du liquide en grande abondance dans le péritoine et le péricarde, le foie légèrement jaunâtre.

Le n° 3 commence à faire de la fièvre, 39°3, le 10 juillet, de l'hypothermie le 11 et meurt le 12 avec des accidents identiques.

Le n° 4 a 39°3 le 12 juillet, de l'hypothermie le 13, jour où il meurt. A l'autopsie, ictère sous-cutané, vessie vide, foie chamois clair, reins jaunes à la coupe. Les lésions macroscopiques sont manifestement identiques à celles qui se produisent dans la fièvre jaune chez l'homme.

Le n° 3 est demeuré bien portant.

Il résulte de cette expérience que, chez le singe, le virus jauneux passe par une lésion profonde de la peau, équivalent à une injection sous-cutanée, que, dans notre cas, contrairement à ce qu'a vu le Dr Beuuwkes, il traverse les muqueuses saines, et qu'il a été arrêté par la peau intacte.

En somme, quelles que soient les différences entre notre expérience et celle de Beuuwkes, il faut reconnaître que le *M. rhezus* est beaucoup plus sensible que l'homme au virus de la fièvre jaune, et que le virus venant du *rhezus* n'est pas particulièrement actif puisqu'un de nos collègues de l'Institut Pasteur en a reçu sans accident sur la face et dans les yeux après rupture d'un cylindre de seringue.

THÉRAPEUTIQUE. — *Le stovarsol, spécifique de l'agalaxie contagieuse du mouton et de la chèvre.* Note (1) de MM. **J. Bridré**, **A. Donatien** et **D. Hilbert**, présentée par M. Roux.

La place naturelle du microbe de l'agalaxie contagieuse est encore indéterminée. Si, par certains caractères, le germe se rapproche des bactéries, par d'autres, il semble être voisin des protozoaires : c'est ainsi qu'il se colore par les procédés spéciaux employés en protozoologie.

Étant donnée cette affinité commune pour certaines couleurs d'aniline, nous nous sommes demandé s'il n'existerait pas aussi chez le microbe de l'agalaxie et chez les protozoaires une même affinité pour d'autres substances chimiques; si, en d'autres termes, un produit tel que le stovarsol qui se montre d'une efficacité remarquable dans le traitement de maladies à protozoaires, n'aurait pas une heureuse influence sur l'évolution de l'agalaxie. Pour vérifier cette hypothèse, nous avons traité par le stovarsol des chèvres atteintes d'agalaxie naturelle et des chèvres et des agneaux porteurs de lésions agalactiques expérimentales.

Nous nous sommes servis du stovarsol sodique (sel soluble de l'acide oxyacétylaminophénylarsinique) en solution à $\frac{1}{10}$ et en injections sous-cutanées. Les doses journalières variaient, chez les chèvres, entre $0^g,30$ et 1^g de stovarsol, et chez les agneaux entre $0^g,20$ et $0^g,50$. Il ne paraît pas prudent de dépasser la dose de $0^g,03$ par kilogramme d'animal ni de répéter immédiatement cette dose.

Voici un rapide exposé de nos observations :

Maladie naturelle. — Du 22 mars au 18 avril, dans un troupeau de chèvres sélectionnées, 9 chèvres atteintes de mammite agalactique, simple ou double, et d'arthrites, ont été traitées par le stovarsol sodique : 6 chèvres ont guéri après une seule série de trois injections ($0^g,50$ de stovarsol le premier jour, $0^g,75$ le deuxième, et 1^g le troisième); trois après deux séries espacées de trois jours l'une de l'autre.

Une dixième chèvre, atteinte d'arthrite aux quatre membres et prête à mettre bas a été guérie de ses lésions articulaires après deux séries d'injections. La mise-bas a eu lieu à terme. Toutefois, la lactation ne s'est pas établie.

A partir du 24 avril, le propriétaire examine chaque jour les ganglions rétromammaires de ses chèvres, et traite immédiatement celles qui présentent de l'adénite, symptôme qui, observé chez des chèvres appartenant à un troupeau infecté, peut être

(1) Séance du 17 juillet 1928.

considéré comme le premier signe de la maladie. Du 24 avril au 10 juin, 10 chèvres ont été ainsi traitées ; aucune n'a présenté de mammite ni d'arthrite.

Chez les malades guéries, nulle récidive de mammite ou d'arthrite n'a été constatée.

Maladie expérimentale. — Les agneaux inoculés dans l'articulation du genou avec $0^{cm^3},1$ de culture d'agalaxie ont été traités par des injections sous-cutanées de stovarsol sodique. L'amélioration est notable après la première série d'injections; après une seconde série, les lésions évoluent rapidement vers la guérison. Des agneaux témoins restent boiteux pendant de longues semaines. L'un de ces agneaux, ayant présenté de la kératite 27 jours après l'inoculation intra-articulaire, a été traité par trois injections (en tout : $0^{g},80$ de stovarsol). La cornée est devenue d'un blanc laiteux, mais n'a jamais présenté d'ulcère. Un mois plus tard, l'œil était redevenu normal.

Des chèvres laitières inoculées sous la peau avec des cultures d'agalaxie ont fait de la mammite agalactique tantôt simple, tantôt double. Traitées comme les chèvres à maladie naturelle, elles ont répondu au traitement de la même manière que celles-ci. Le traitement s'est montré d'autant plus efficace qu'il avait été institué plus hâtivement.

En *résumé*, on peut dire que le stovarsol sodique, employé en injections sous-cutanées, agit comme un véritable spécifique sur les lésions de l'agalaxie contagieuse, maladie qui, jusqu'ici, s'était montrée rebelle à toute thérapeutique.

L'étroite parenté qui unit les microbes de l'agalaxie et de la péripneumonie permet de penser que cette dernière maladie serait, elle aussi, heureusement influencée dans son évolution par le traitement au stovarsol.

La séance est levée à $16^{h}30^{m}$.

E. P.

ERRATA.

(Séance du 9 juillet 1928.)

Note de M. *A. Paillot*, Importance relative des facteurs divers contribuant à limiter l'extension de la Pyrale du Maïs dans l'Est de la France :

Page 151, ligne 6, au lieu de *Zenillia roseanæ*, lire *Masicera senilis* Meig.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

PUBLICATIONS PÉRIODIQUES REÇUES PENDANT L'ANNÉE 1927 (*suite*).

Société amicale de secours des anciens élèves de l'École polytechnique. Paris.
Société de secours des amis des sciences (Compte rendu). Paris.
Société des ingénieurs civils de France (Annuaire. Procès-verbal). Paris.
Société des nations; Bulletin des relations scientifiques. Paris.
Société roumaine des sciences (Bulletin de chimie pure et appliquée. Bulletin des sciences mathématiques). Bucuresti.
Solar Physics Observatory (Annual Report). Cambridge.
Special Report of the Geological Survey of China. Pékin.
Sprawozdania i Prace. Warszawa.
Sprawozdania Polskiej Akademji Umiejetnosci. Cracovie.
Sprawozdanie komisji fizjograficznej. Cracovie.
Stanford University Publications. Stanford (California).
Statens Meteorologisk-Hydrografiska Anstalt. Stockholm.
Station agronomique de la Guadeloupe (Rapport. Bulletin général). Pointe-à-Pitre.
Statistique de l'industrie minérale. Paris.
Sveriges geologiska undersökning. Stockholm.
Sveriges officiella statistik. Socialstatistik. Stockholm.

Tableau fiscal. Paris.
Technique moderne. Paris.
Technology Reports of the Tôhoku Imperial University (The). Sendai et Tokio.
Tide Tables for the Eastern Coasts of Canada. Ottawa.
Tide Tables for the Pacific Coast of Canada. Ottawa.
Tôhoku Journal of Experimental Medicine. Sendaï.
Tôhoku Mathematical Journal (The). Sendaï.
Tokyo Astronomical Bulletin. Tokio.
Trabajos del Laboratorio de investigaciones fisicas. Madrid.
Trabajos del Museo de ciencias naturales de Barcelona. Barcelone.

(*A suivre.*)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 30 JUILLET 1928

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE HAMY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Émile Picard** dépose sur le bureau un nouveau Catalogue de l'Observatoire d'Abbadia, comprenant 1332 étoiles dont 711 fondamentales. Ce catalogue fait suite à celui qui a été publié en 1923, mais il tient compte des études faites sur la constante moyenne de réfraction convenant au climat d'Abbadia. On se rappelle, comme il a été indiqué en 1924, qu'il y a lieu d'adopter à Abbadia pour cette constante 60″615 au lieu de 60″154, ce qui amena alors à modifier les déclinaisons du Catalogue de 1923. Des comparaisons intéressantes sont faites avec les Catalogues de Boss, d'Auwers et de Newcomb.

M. le **Secrétaire perpétuel** dépose sur le bureau un Ouvrage intitulé *The Natural History of Ants, from an Unpublished Manuscrit in the Archives of the Academy of Sciences of Paris*, by René Antoine Ferchault de Réaumur, Translated and Annotated by William Morton Wheeler, Professor of Entomology, Harvard University.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Farid Boulad Bey**, membre de l'Institut d'Égypte, qui assiste à la séance.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur le rubrène. Hydrocarbures colorés de la famille du rubrène.* Note de MM. **Charles Moureu**, **Charles Dufraisse** et **Antoine Willemart**.

En étudiant la réaction génératrice de rubrène ([1]), nous avons reconnu qu'elle était fort délicate et compliquée. Si l'on s'écarte relativement peu de conditions expérimentales assez étroites, le rendement peut devenir très faible et même nul.

La complexité croît encore quand on a fait varier les radicaux des molécules mises en œuvre. Nous nous bornerons à indiquer ici que nous venons d'isoler deux nouveaux hydrocarbures analogues au rubrène par leurs propriétés essentielles : un diméthylrubrène (F. 315°), préparé à partir du *p*-tolylacétylène et de la benzophénone, et un dibenzorubrène (F. 280°), préparé à partir du β-naphtylacétylène et de la benzophénone.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Le potassium et le sodium dans les algues marines.* Note de M. **Gabriel Bertrand** et Mme **M. Rosenblatt**.

Nous avons dosé comparativement le potassium et le sodium dans une série d'algues marines. Sauf *Padina pavonia* L. rapportée de Banyuls-sur-Mer, toutes les autres espèces ont été recueillies spécialement pour nous et aussitôt expédiées par le Laboratoire de Roscoff. Dès leur arrivée, ces algues ont été séparées par espèces et certaines des espèces divisées en plusieurs lots. Quelques lots ont été essuyés immédiatement avec du papier à filtre; les autres ont d'abord été lavés, une ou plusieurs fois, à l'eau distillée. Ces lavages ont toujours été faits très rapidement, par agitation modérée dans un grand volume de liquide entièrement renouvelé à chaque lavage.

Notre intention, en opérant ainsi, était d'éliminer les sels contenus dans l'eau de mer mouillant la surface des algues et de nous rendre compte, au cas où les lavages auraient déterminé une plasmolyse des tissus, de l'importance des changements de composition qui en seraient résultés.

Comme un des buts poursuivis par ces recherches était de contrôler

([1]) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1440.

l'assertion de Grandeau au sujet de l'absence totale de potassium dans les Fucus [1] nous avons tenté en outre quelques essais en lavant d'abord les algues avec une solution de chlorure de sodium à 3,5 pour 100 (isotonique avec l'eau de mer) et en terminant à l'eau distillée.

Après leur essuyage, les lots ont été subdivisés en portions de 25ᵍ que l'on a séchées et analysées [2]. La technique des dosages est restée la même que dans les recherches antérieures : après dessiccation à + 100° jusqu'à poids constant, la substance a été carbonisée à la plus basse température possible, la masse charbonneuse a été lessivée à l'eau distillée et calcinée; les cendres ont été soumises à un second lessivage; enfin, les liquides ont été réunis et amenés à 50^{cm^3}. Sur 20^{cm^3}, correspondant à 10ᵍ d'algue fraîche, on a dosé le potassium à l'état de perchlorate et sur 20 autres centimètres cubes le sodium à l'état d'acétate triple de Streng.

Le tableau ci-dessous rassemble les chiffres obtenus :

		Teneur en sodium et en potassium pour 100 de			
		matière fraîche.	matière sèche.	cendres.	Rapport $\frac{K}{Na}$.
Padina pavonia (L.) :					
N° 1, non lavée	Na	0,642	2,540	4,028	1,22
	K	0,782	3,094	4,907	
N° 2, lavée 1 fois à l'eau distillée	Na	0,135	0,690	1,137	3,33
	K	0,449	2,250	3,791	
N° 3, lavée 2 fois à l'eau distillée	Na	0,986	0,526	0,941	4,20
	K	0,414	2,210	3,950	
N° 4, lavée 5 fois à l'eau distillée	Na	0,048	0,261	0,423	3.58
	K	0,171	0,937	1,514	
Pelvetia canaliculata (L.) :					
N° 1, non lavée	Na	1,164	3,457	15,410	0,60
	K	0,698	2,072	9,250	
N° 2, lavée 1 fois à l'eau distillée	Na	1,122	3,496	15,659	0,59
	K	0,665	2,075	9,271	
N° 3, lavée 2 fois à l'eau distillée	Na	1,140	3,370	15,880	0,61
	K	0,703	2,037	9,800	
N° 4, lavée 5 fois à l'eau distillée	Na	1,090	3,390	15,750	0,62
	K	0,679	2,110	9,770	

(1) *Ann. Phys. Chim.*, 3ᵉ série, 67, 1863, p. 216.

(2) Toutefois, dans le cas des derniers échantillons du tableau, où l'on n'avait pas pris le poids de l'algue fraîche, on a fait porter les analyses sur des échantillons de 2ᵍ,5 de substance desséchée à + 100°.

		Teneur en sodium et en potassium pour 100 de			Rapport
		matière fraîche.	matière sèche.	cendres.	$\frac{K}{Na}$.
Ascophyllum nodosum (L.) :					
N° 1, non lavé	Na	1,130	3,980	19,240	0,61
	K	0,687	2,420	11,700	
N° 2, lavé 1 fois à l'eau distillée	Na	1,066	3,740	18,800	0,68
	K	0,730	2,560	12,830	
N° 3, lavé 2 fois à l'eau distillée	Na	1,090	3,480	18,630	0,58
	K	0,641	2,010	10,950	
N° 4, lavé 5 fois à l'eau distillée	Na	1,070	3,420	18,680	0,56
	K	0,604	1,930	10,560	
Fucus serratus (L.) :					
N° 1, non lavé	Na	0,864	3,270	18,590	0,84
	K	0,727	2,790	15,630	
N° 2, lavé 1 fois à l'eau distillée	Na	0,690	2,700	16,140	1,09
	K	0,753	2,940	17,610	
N° 3, lavé 2 fois à l'eau distillée	Na	0,665	2,600	15,650	1,06
	K	0,702	2,750	16,530	
N° 4, lavé 5 fois à l'eau distillée	Na	0,653	2,550	15,360	1,13
	K	0,739	2,890	17,390	
Fucus serratus (L.), autre récolte :					
N° 1, lavé à l'eau distillée	Na	»	4,670	20,00	1,05
	K	»	4,920	21,06	
N° 2, lavé au chlorure de sodium et à l'eau distillée	Na	»	3,590	14,180	1,55
	K	»	5,580	22,020	
Fucus platicarpus (Thuret) :					
N° 1, lavé 1 fois à l'eau distillée	Na	»	5,090	17,770	0,85
	K	»	4,341	15,180	
N° 2, lavé au chlorure de sodium et à l'eau distillée	Na	»	3,870	16,090	0,98
	K	»	3,820	15,910	
Fucus vesiculosus (L.) :					
N° 1, lavé à l'eau distillée	Na	»	3,760	14,870	1,39
	K	»	5,220	20,630	
N° 2, lavé au chlorure de sodium et à l'eau distillée	Na	»	4,350	15,540	1,16
	K	»	5,050	18,040	
Laminaria flexicaulis (Le Jolis) :					
Lavée 3 fois à l'eau distillée	Na	»	1,610	13,030	0,95
	K	»	1,530	12,360	
Laminaria saccharina (L.) :					
Lavée 3 fois à l'eau distillée	Na	»	1,820	12,270	1,39
	K	»	2,540	17,150	

		Teneur en sodium et en potassium pour 100 de			Rapport $\frac{K}{Na}$.
		matière fraîche.	matière sèche.	cendres.	
Cystosira fibrosa (Huds.) :					
Lavée 3 fois à l'eau distillée......	Na	»	1,160	2,760	6,81
	K	»	7,890	18,790	
Himanthalia lorea (L.) :					
Lavée 3 fois à l'eau distillée......	Na	»	4,630	13,880	1,78
	K	»	8,260	24,770	

Des expériences rapportées ci-dessus et de quelques-unes de celles qui ont été antérieurement publiées ([1]), il résulte :

1° Que les algues marines, aussi bien les espèces qui appartiennent réellement au genre *Fucus* que celles qui en sont voisines et que l'on trouve d'ordinaire sur nos côtes, renferment à la fois du potassium et du sodium. L'assertion de Boussingault touchant l'absence de potassium dans les « fucus » ne peut être que le résultat d'une erreur, soit d'impression, soit d'expérience, l'analyse ayant porté, par exemple, sur un échantillon ramassé sur la grève et lavé par les pluies.

2° Que les algues marines sont inégalement sensibles à l'action de l'eau douce. Les unes, comme *Pelvetia canaliculata*, peuvent supporter une série d'immersions dans ce liquide sans subir de changement appréciable de composition saline; les autres, comme *Padina pavonia*, s'appauvrissent très vite, au contraire, de leurs sels alcalins. Ces variations paraissent d'ailleurs en rapport avec la facilité plus ou moins grande dont jouissent ces espèces de supporter l'émersion et, peut-être même, l'action de la pluie dans l'intervalle des marées.

3° Qu'il n'y a pas ordinairement chez les algues marines une forte prédominance du sodium sur le potassium. Loin de là, le rapport pondéral K/Na ne s'est montré inférieur, et seulement un peu inférieur à l'unité, que dans le tiers environ des espèces analysées. Dans les autres, le rapport K/Na a été aussi élevé que chez certaines plantes terrestres, telles que la mauve à feuilles rondes, le grand plantain, le chardon des champs, la scorzonère ou le maïs.

Il est seulement permis de dire qu'un rapport K/Na très élevé (supérieur à 100 et pouvant même dépasser 1000) ne se rencontre que chez les plantes

(1) Gabriel Bertrand et D.-J. Perietzeanu, *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 645 et 1616; Gabriel Bertrand et Mme M. Rosenblatt, *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 200.

terrestres, et qu'un rapport K/Na inférieur à l'unité n'a encore été constaté que chez certaines espèces d'algues marines.

4° Que les algues plongées dans un milieu liquide où la proportion du potassium est de 28 à 29 fois plus petite que celle du sodium [1], absorbent et retiennent les deux métaux alcalins dans une proportion tout à fait différente, souvent même fortement inversée. C'est ainsi que le rapport K/Na passe de 0,035 environ dans la mer à près de 1 ou à plus de 1 dans la plupart des espèces, monte à 10 dans *Ulva lactuca* L. et atteint même 78 dans *Rhodymenia palmata* L. Étant donnée la structure des algues, dépourvues de vaisseaux conducteurs et absorbant sans doute les sels par toute leur surface, il est évident que cette sélection relative ne tient pas seulement à l'inégale mobilité du potassium et du sodium dans les solutions. Un autre phénomène, au moins, dont l'importance apparaît ici considérable, devra être mis en lumière pour que l'on ait une explication satisfaisante de la remarquable capacité d'accumulation du potassium par la matière végétale.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la constitution du citronellol et du rhodinol* (I). Note [2] de MM. **V. Grignard** et **J. Dœuvre.**

La constitution du citronellol et du rhodinol a donné lieu, il y a une trentaine d'années, à des polémiques, parfois très vives, entre Ph. Barbier et Bouveault, d'une part, Tiemann et Schmidt, d'autre part.

Les chimistes français [3] prétendaient que le *l*-rhodinol qu'ils avaient découvert dans les essences de rose et de géranium différait du *d*-citronellol naturel par la position de la double liaison. Et s'appuyant sur la cyclisation du citronellal en isopulégol, dont la constitution était établie [4], ils en déduisaient que la double liaison citronellique était terminale. Le citronellol était ainsi le diméthyl-2-6 octène-1 ol-8 (forme α), et, par suite, le rhodinol devait être le diméthyl-2-6 octène-2 ol-8 (forme β).

Les chimistes allemands [5] affirmaient, au contraire, qu'il ne s'agissait que d'une isomérie optique de la forme β.

A la vérité, l'oxydation par les méthodes habituelles donnait abondamment, dans les deux cas, de l'acétone, mais il n'y avait aucune invraisemblance à admettre la possi-

(1) D'après les analyses de J.-J.-Th. Schlœsing, *Comptes rendus*, 142, 1906, p. 320.

(2) Séance du 9 juillet 1928.

(3) Barbier et Bouveault, *Comptes rendus*, 122, 1896, p. 530, 673, 737. — Bouveault, *Bull. Soc. chim.*, 23, 1900, p. 458, 462.

(4) Harries et Roder, *Ber. dtsch. chem. Ges.*, 32, 1899, p. 3357

(5) Tiemann et Schmidt, *Ber.*, 29, 1896, p. 923; 30, 1897, p. 33.

bilité de phénomènes de déplacement de la double liaison sous l'influence des réactifs.

L'étude du citronellal et du citronellol, réalisée surtout au moyen de l'ozone par Harries et ses élèves [1], démontra que ces corps étaient des mélanges des deux formes, mais aucun bilan précis de l'oxydation ne put être établi, même en opérant sur de très grosses quantités.

La méthode de dosage par ozonisation des groupements méthylène et isopropylidène que nous avons instituée en 1923 et qui nous a déjà servi à l'étude de la méthylhepténone naturelle [2] et des pulégones [3], nous a permis de déterminer avec une exactitude suffisante les proportions respectives de ces groupements dans le citronellol et le rhodinol. Nous nous occuperons, dans cette Note, du premier de ces corps [4].

Rappelons qu'en milieu hydroacétique, avec de l'oxygène ozonisé à 6-7 pour 100, on ne fait pas de peroxyde d'acétone. Le dosage de l'acétone (forme β) est alors facile par la méthode de Messinger. La forme α donne : 1° du formaldéhyde, dosé colorimétriquement au moyen du réactif de Grosse-Bohle; 2° de l'acide formique, décomposable quantitativement par chauffage avec HgO rouge (Liebig), en CO^2 que l'on dose dans l'eau de baryte; 3° parfois un peu de CO^2, au cours de l'ozonisation; on le recueille de même.

Bien entendu, il a fallu s'assurer que les résultats précédents ne pouvaient être troublés par l'action de l'ozone ou de l'eau oxygénée, soit sur la chaîne primitive, soit sur les produits d'ozonisation, soit sur le solvant.

Il peut être nécessaire, dans certains cas, d'introduire une légère correction. Sauf anomalies, la précision de la méthode est de l'ordre de 4 à 5 pour 100.

Nous avons examiné des citronellols d'origines diverses et obtenu les résultats suivants :

---

(1) HARRIES et SCHAUWECKER, *Ber.*, 34, 1901, p. 1498, 2981. — HARRIES et HIMMELMANN, *Ber.*, 41, 1908, p. 2187. — HARRIES et COMBERG, *Lieb. Ann.*, 410, 1915, p. 1, 40. — Voir Historique dans la *Revue des Parfums de France*, août 1923, p. 37; septembre 1923, p. 35.

(2) GRIGNARD, DOEUVRE et ESCOURROU, *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 669.

(3) GRIGNARD et SAVARD, *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 589; 182, 1926, p. 422.

(4) Pour les détails de ce travail, voir J. DOEUVRE, *Thèse de Doctorat*, Lyon, 1928.

	Pour 100. Forme α.	Forme β.
d-citronellol de l'essence de citronelle de Java ([1])	24	80
d-citronellol de réduction du citronellal par C^2H^5OMgCl (Meerwein et Schmidt)	18	81
d-citronellol de réduction de l'acétate d'énol-citronellal ([2])	22	76
r-citronellol par méthylhepténýl-MgBr + $ClCH^2CH^2OMgBr$	25	76
r-citronellol par id. + $(CH^2O)^3$, réaction répétée deux fois	28	72

On peut en conclure que, d'une manière générale, le citronellol contient environ 80 pour 100 de la forme β et seulement 20 pour 100 de la forme α. La proportion de β est un peu plus faible dans tous les cas où la chaîne a subi un traitement acide : production de l'acétate d'énol-citronnellal ([2]) ou du bromure de méthylhepténỳle ([3]).

Nous sommes ainsi amenés à considérer comme forme citronellique, la forme β qui figure pour les $\frac{4}{5}$ environ, dans le citronellol. Barbier et Bouveault avaient, au contraire, adopté la forme α, en supposant que, dans le passage du citronellol à l'isopulégol, la double liaison ne participait pas à la réaction et par suite ne changeait pas de place.

Il n'est pas douteux, cependant, que le terme intermédiaire de la cyclisation soit le menthoglycol. Ce corps a été préparé à diverses reprises, à côté de l'isopulégol, au moyen de l'acide sulfurique dilué, et Prins ([4]), en utilisant l'acide formique, a isolé deux formes stéréoisomères (F. 84-85° et 60-62°). Nous avons obtenu, pour la première fois, cette dernière forme, seule à côté de très peu d'isopulégol), au moyen de l'acide acétique faiblement aqueux (70g de citronellal, 100g d'acide acétique, 15g d'eau,

---

([1]) Isolé en traitant à trois reprises par KOH alcoolique à 160°, le mélange géraniol-citronellol séparé de l'essence de citronelle. Il contenait encore une trace de géraniol. Celui-ci relève anormalement le pour 100 de la forme α, parce qu'il donne à l'ozonisation, entre autres choses, $CH^2OH.CHO$, qui recolore comme CH^2O, le réactif de Grosse-Bohle.

([2]) L'acétate d'énol-citronellal a été préparé d'après Dupont et Labaume (*Ch. et Ind.*, 17, 1927, p. 905), et réduit par le sodium dans l'éther humide.

([3]) Le méthylhepténol résulte de la coupure du géraniol par KOH alcoolique à 160° (Tiemann). Ce traitement ne modifie pas sensiblement les proportions des deux formes, mais l'éthérification de cet alcool par PBr^3 détermine un déplacement dans le sens β → α. Quant aux réactions magnésiennes, elles n'ont aucune influence sur l'isomérie étudiée.

([4]) *Zent.-Bl.*, 1917 (II), p. 289.

pendant 40 heures, au voisinage de 0°). On obtient un mélange de menthoglycol et d'un monoacétate.

Ce menthoglycol bout à 115-118°, sous 3mm et fond à 65-66°. Trouvé : C = 70,0; H = 11,6. Calculé : C = 69,7; H = 11,69. Indice d'OH : trouvé 1.93, au lieu de 2.

Le menthoglycol, comme on le sait déjà, se transforme en isopulégol par chauffage avec l'anhydride acétique. Il en est de même par agitation, à froid, avec l'acide sulfurique à partir de 10 pour 100.

Donc la cyclisation du citronellal entraîne la fixation d'une molécule d'acide (ou d'eau) sur la double liaison α ou β; le résultat est le même dans les deux cas, et il y a ensuite déshydratation ou désacylation du menthoglycol, ou de son éther-sel, pour donner l'isopulégol. La nouvelle double liaison qui prend naissance est donc indépendante de la double liaison primitive, mais seulement des conditions de stabilité de la molécule cyclique et, par suite, on ne peut conclure de la position de l'une à celle de l'autre.

La facile cyclisation du citronellal ne permet pas d'en réaliser l'ozonisation quantitative en liqueur acétique. Le meilleur solvant nous a paru être la pyridine purifiée par longue ébullition sur MnO^4K. Nous avons trouvé : forme α = 19,6 pour 100; forme β = 75 pour 100. La semicarbazone du citronellal (F. 81°) nous a donné, en liqueur hydroacétique : forme β = 84 pour 100; mais on ne peut doser la forme α, à cause de l'attaque du CO de la semicarbazide.

En résumé, nous avons montré que l'argument tiré de la cyclisation du citronellal en isopulégol est sans valeur pour établir la constitution du premier de ces corps et nous avons établi que les résultats quantitatifs, très nets, fournis par notre méthode, permettent d'affirmer que, dans les composés citronelliques, c'est la forme β qui prédomine, dans la proportion d'environ 80 pour 100.

CORRESPONDANCE.

M. le Directeur de l'**École supérieure d'aéronautique et de construction mécanique** adresse un rapport sur l'emploi qui a été fait de la subvention accordée à cet établissement, en 1927, sur la *Fondation Loutreuil*.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur quelques propriétés descriptives des fonctions de variables réelles.* Note de M. **Alex. Froda**, transmise par M. Émile Borel.

Convenons de dire, pour abréger, qu'une propriété a lieu en général, lorsqu'elle est valable partout, sauf (au plus) pour une infinité dénombrable de valeurs de la variable et qu'elle a lieu au voisinage d'un point, si elle a lieu dans tout domaine renfermant ce point. On a la proposition :

I. *La valeur $f(\xi)$ de toute fonction uniforme de variable réelle $f(x)$ au point ξ est comprise en général entre les limites supérieure et inférieure d'indétermination de la limite de $f(x)$ pour $x=\xi$* (1). *Désignons ces limites d'indétermination par* lim *sup.* $f(x)$ *et* lim *inf.* $f(x)$.

Le résultat s'établit d'abord pour les fonctions bornées. La démonstration peut être facilitée par l'emploi des notions de maximum (minimum) *au voisinage* du point ξ, que l'on peut définir en faisant abstraction, dans la définition classique (2) du maximum (minimum) *au point* ξ, de la valeur de $f(x)$ au point ξ. Désignons par $M_0(\xi)$ et $m_0(\xi)$ le maximum et le minimum de $f(x)$ au voisinage du point ξ. L'on a identiquement, $M_0(\xi) = \text{lim sup.}\, f(x)$ et $m_0(\xi) = \text{lim inf.}\, f(x)$.

Il suffit de montrer que les ensembles

$$E[f(x) > M_0(x)] \quad \text{et} \quad E[f(x) < m_0(x)]$$

sont dénombrables. Supposons, en effet, par contre, $E[f(x) > M_0(x)]$ non dénombrable. Si $\varepsilon > 0$, il existe au moins une valeur entière de n, telle que l'ensemble $E_n\left[f(x) > M_0(x) + \frac{\varepsilon}{2^n}\right]$ soit non dénombrable. L'ensemble E_n contient alors un ensemble N non dénombrable et dense en lui-même, dont chaque point ξ est point de condensation pour N. Soit ξ_0 un point quelconque de N et posons $\frac{\varepsilon}{2^n} = \alpha > 0$. L'on peut choisir successivement, dans l'ensemble N, une suite de points $\xi_1, \xi_2, \ldots$ de N à partir de ξ_0 et tels que $f(\xi_{p+1}) < M_0(\xi_p) + \frac{\alpha}{2}$, en prenant ξ_{p+1} assez près de ξ_p. Comme l'on a, pour tout point ξ de N, la propriété $M_0(\xi) < f(\xi) - \alpha$, il résulte

(1) Pour la définition de ces limites voir : H. Lebesgue, *Leçons sur les fonctions primitives, etc.*, 1904 (Chap. II).

(2) E. Borel, *Leçons sur les fonctions de variables réelles*, 1905, p. 23-24.

$f(\xi_{p+1}) < f(\xi_p) - \frac{\alpha}{2}$ et, finalement, $f(\xi_{p+1}) < f(\xi_0) - \frac{p\alpha}{2}$, ce qui, pour p suffisamment grand, contredit l'hypothèse de $f(x)$ bornée inférieurement. Même démonstration pour la dénombrabilité de $E[f(x) < m_0(x)]$.

Une fois le résultat établi pour les fonctions bornées, on l'étend aux fonctions quelconques, finies ou non, à l'aide d'une projection convenable de l'ensemble des valeurs de l'intervalle $(-\infty, +\infty)$ sur l'intervalle borné $(-1, +1)$, projection qui conserve l'ordre relatif des points ainsi que la continuité à l'intérieur des intervalles [1].

La même proposition peut être présentée comme il suit :

II. *Si $f(x)$ est une fonction uniforme de variable réelle, on peut trouver*, en général, *au voisinage de tout point ξ et pour tout ε positif donné, des points ξ_1 et ξ_2 tels que $f(\xi_2) - \varepsilon < f(\xi) < f(\xi_1) + \varepsilon$.*

Les limites données plus haut (proposition I) peuvent être resserrées par l'introduction du « maximum (minimum) de $f(x)$ au point ξ, lorsqu'on néglige les ensembles dénombrables » [2]. Désignons ces quantités par $M_1(\xi)$ et $m_1(\xi)$.

III. *Si $f(x)$ est une fonction uniforme de variable réelle on a*, en général, *en tout point ξ de l'intervalle de définition, $m_1(\xi) \leq f(\xi) \leq M_1(\xi)$.*

De même, en introduisant les « maximum $M_2(\xi)$ et minimum $m_2(\xi)$, lorsqu'on néglige les ensembles de première catégorie » [2], on conclut que l'inégalité $m_2(\xi) \leq f(\xi) \leq M_2(\xi)$ a lieu pour tout point, excepté, au plus, un ensemble de première catégorie des valeurs de ξ.

Les propriétés et démonstrations précédentes subsistent pour les fonctions uniformes $f(P)$ de n variables réelles et définies sur un ensemble parfait à n dimensions. Pour les fonctions multiformes, les résultats subsistent aussi, avec des définitions semblables à celles qu'on donne pour les fonctions uniformes.

En appliquant enfin la proposition I, étendue aux fonctions uniformes de n variables réelles, à la fonction oscillation $\omega(P)$ de $f(P)$, l'on obtient l'extension suivante des résultats obtenus antérieurement [3] :

IV. *Une fonction de variables réelles ne peut posséder, tout au plus, qu'une infinité dénombrable de discontinuités, telles que*

$$\omega(\mathfrak{P}) > \limsup .\ \omega(P) \quad \text{pour } P = \mathfrak{P},$$

---

[1] Cf. BAIRE, *Leçons sur les fonctions discontinues*, 1905, p. 122.

[2] Pour les définitions, voir R. BAIRE, *Thèse*, 1899 (Chap. III), p. 68 et 74.

[3] Voir *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 728 et 1350.

En reprenant, par conséquent, la classification des discontinuités des fonctions de variables réelles, donnée dans une Note précédente (1), on peut la préciser davantage. Signalons aussi, à cette occasion, que les discontinuités (du genre III), telles que

$$\omega(\mathfrak{P}) = \lim \omega(P) \quad \text{pour } P = \mathfrak{P},$$

ne peuvent apparaître que dans un ensemble nul ou de seconde catégorie.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur un théorème de M. Montel.*
Note de M. **S. Saks**, transmise par M. Émile Borel.

Dans son beau Mémoire *Sur les fonctions convexes et les fonctions sous-harmoniques* (2), M. Montel a prouvé le théorème suivant :

Si une fonction sous-harmonique est une fonction de la fonction harmonique U, *c'est une fonction convexe de la variable* U.

Pour prouver cet énoncé M. Montel se sert, dans le cas du plan, de la méthode de la représentation conforme; dans le cas de l'espace, le théorème est démontré par M. Montel, en suivant une autre voie, mais avec quelques restrictions.

Je me propose, dans cette Note, de donner une nouvelle démonstration qui paraît assez simple et qui reste valable indifféremment pour des espaces à un nombre quelconque de dimensions. Elle est basée sur le principe élémentaire suivant :

Pour qu'une fonction d'une variable réelle $f(t)$ soit convexe dans un intervalle (a, b), il faut et il suffit que, pour chaque sous-intervalle (a', b') et chaque nombre α, le maximum de la fonction $f(t) + at$ dans (a', b') soit atteint pour l'une, au moins, des extrémités a', b'.

Soit maintenant $U(p)$ une fonction harmonique dans un domaine ouvert D et dont les valeurs remplissent un intervalle ouvert (a, b) (3). Soit, d'autre part, $f(U) = f[U(p)]$ une fonction sous-harmonique dans D.

Supposons, par impossible, que la fonction $f(U)$ ne soit pas convexe par rapport à la variable U dans (a, b). Il existe donc, en vertu du principe

(1) *Loc. cit.*

(2) *Journ. de Math.*, 7, I, 1928, p. 43.

(3) On peut évidemment négliger le cas banal où $U(p)$ est une constante et où (a, b) se réduit, par suite, à un seul point.

précité, un sous-intervalle (a', b') et un nombre α tels que la fonction

$$\varphi(U) = f(U) + \alpha U \tag{1}$$

n'atteigne son maximum dans (a', b') en aucun des points extrêmes (a', b').

Elle admet donc son maximum *propre* [1] en un point intérieur à (a', b').

Soit p_0 un point du domaine D tel que $U(p_0) = c$. $U(p)$ étant harmonique, les valeurs qu'elle admet dans chaque entourage, suffisamment petit, de p_0, sont contenues dans (a', b') et remplissent un entourage du point c. Il s'ensuit que la fonction $\varphi[U(p)]$ admet aussi en p_0 un maximum *propre*, ce qui est évidemment impossible, la fonction $\varphi[U(p)]$ étant en vertu de (1), sous-harmonique en même temps que $f[U(p)]$.

Nous aboutissons ainsi à une contradiction qui justifie le théorème annoncé.

MÉCANIQUE. — *Influence de la forme des abouts des éléments de certains assemblages, soudés sur la valeur de la charge de rupture et sur la déformation.* Note [2] de MM. **D. Lagrange** et **D. Rosenthal**, présentée par M. Mesnager.

1. Soit l'assemblage *aa*/*bb* représenté à la figure 1 et sollicité par les forces P-P. Appelons α l'angle de coupe, suivant lequel les plats *a-a* se raccordent aux goussets *b-b*. Nos expériences ont prouvé qu'il existe un angle $\alpha \neq 0$, pour lequel la charge de rupture et la déformation de l'assemblage atteignent respectivement leur valeur maximum.

2. Ces expériences ont pris naissance à la suite de l'étude que nous poursuivons en ce moment sur les phénomènes de flexion secondaire dans les assemblages soudés [3].

Des études antérieures ont démontré [4] que la résistance des cordons de

---

(1) Cela veut dire que pour chaque point x de (a', b') $f(x) \leqq f(c)$ et que, dans chaque entourage de c, il y a des points x tels que $f(x) < f(c)$.

(2) Séance du 2 juillet 1928.

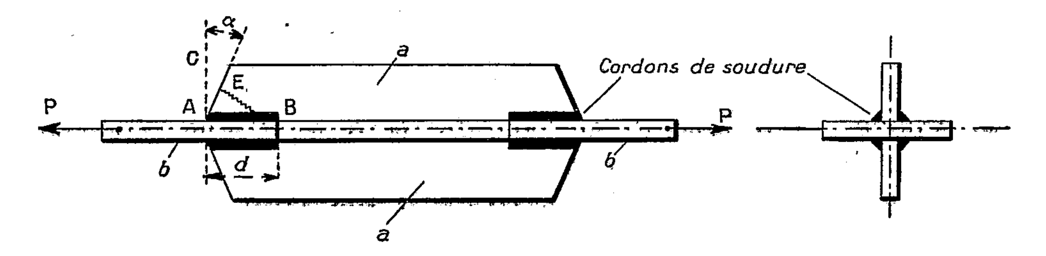
(3) Cette étude fait partie du programme d'essais, entrepris à l'initiative de la *Soudure électrique autogène* S. A. de Bruxelles sous la direction de M. Dustin, professeur à l'Université de Bruxelles.

(4) Humphrey, *Iron Age*, 25 mai 1922, p. 1425. — Dustin et Rosenthal, Communications au *Congrès International pour l'essai des matériaux;* Amsterdam, du 12 au 17 septembre 1927, p. 524-525. — A. Vogel, *Journal of American Welding Society*, 7, n° 1, janvier, 1928, p. 14-17.

soudure AB, lorsque la flexion secondaire est négligeable, est sensiblement proportionnelle à leur longueur d. Nos essais ont prouvé que cela n'a pas lieu pour l'assemblage ci-dessus; en effet, la résistance des cordons de soudure, pour $\alpha = 0$, croît dans ce cas *moins vite* que la longueur des cordons. Il a été trouvé pour :

$d = 60^{mm}$, la charge de rupture égale à 90 pour 100 de la valeur calculée.
$d = 35^{mm}$, » 77 »
$d = 120^{mm}$, » 68 »

De plus, on constate que la rupture, au lieu de s'amorcer sur toute la longueur AB (cas d'une flexion négligeable), débute toujours à la pointe A.



Nous ne pensons pas que cette diminution de la charge de rupture soit due uniquement à l'effet de la flexion secondaire; en effet, si tel était le cas, la charge de rupture aurait dû croître *plus vite* que la longueur des cordons. Or elle croît *moins vite* que cette dernière. Il y a donc à notre avis un autre phénomène qui entre en jeu : c'est l'influence de la déformation plastique des plats *a-a*, influence d'autant plus marquée que cette déformation est plus avancée, donc pour un d plus grand.

3. Mais il y a également à *considérer l'influence de l'angle* α, comme le prouve le tableau suivant :

Tableau 1.

d.	tang α.	Charge de rupture en fractions de la valeur calculée.	Déformation correspondante.	Rupture amorcée.
mm		%	mm	
120	0	68	13	Dans la soudure au point A.
120	0,4	74,6	34	Dans le plat a au point B suivant une section BE.
120	0,6	72,7	40	
120	0,8	70,0	27	

Le tableau 1 montre qu'avec l'augmentation de l'angle α, la rupture ne se fait plus dans la soudure, mais bien dans les plats; on constate de plus,

pour un *certain angle optimum*, un *accroissement maximum* de la charge de rupture et une augmentation importante de la déformation.

Ainsi donc l'enlèvement de la matière au coin C, loin de diminuer la résistance de l'assemblage, l'augmente au contraire en la faisant bénéficier en même temps d'une plus grande aptitude à la déformation.

4. Le même phénomène, bien que plus atténué, a été constaté lorsque les plats *a-a* ont été remplacés par les profilés.

Ainsi pour le « té » à branches égales on a obtenu :

TABLEAU 2 (¹).

d.	tang α.	Charge de rupture en fractions de la valeur calculée.	Rupture amorcée.
mm		%	
65	0	80	Dans la soudure au point A.
65	1,0	84	Dans le plat au point B suivant une section BE.
65	1,3	73	

Des essais sont en cours afin d'étudier l'influence de l'épaisseur des cordons de soudure sur la valeur de l'angle optimum α et sur la valeur max. de la charge de rupture.

ASTRONOMIE. — *Courbe de lumière et éléments de l'étoile double photométrique β Lyræ.* Note (²) de M. **A. Danjon**, présentée par M. A. Cotton.

De 1923 à 1924, j'ai réuni plus de 200 observations de la variable β Lyræ, au photomètre polarisant de Pickering, de l'Observatoire de Strasbourg. Le compagnon visuel servait d'étoile de comparaison. La discussion des mesures, qui sera publiée dans un autre recueil, met en évidence les points suivants :

1° L'éphéméride de Hellerich (³) fournit des phases trop petites de $0^j,11$. J'obtiens le minimum normal suivant, exact à un centième de jour près :

$$2.423.517^j,47 \qquad E = 1930 \qquad \text{(T. M. G. astr).}$$

2° La courbe de lumière *moyenne* est symétrique, sauf au voisinage immédiat du minimum principal (phases comprises entre + et — $0^j,5$)

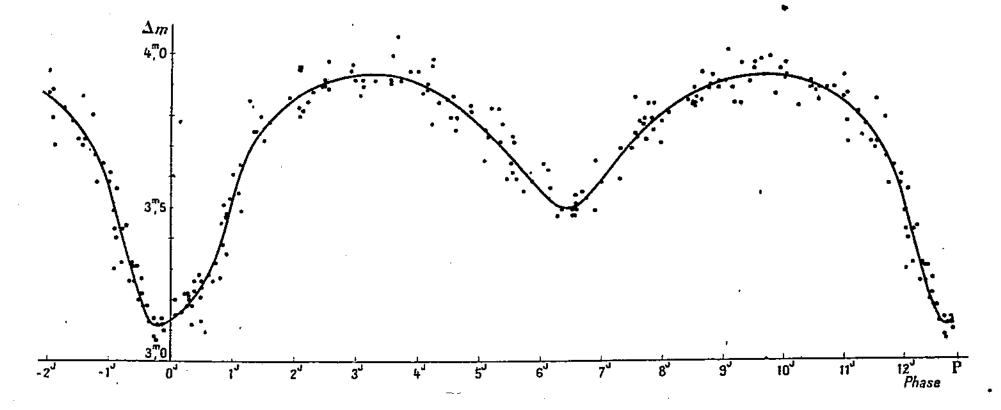
(¹) Les valeurs de la déformation n'ont pas été relevées.

(²) Séance du 17 juillet 1928.

(³) Hallerich, *Astronomische Nachrichten*, 216, 1922, p. 33.

comme le montre la figure ci-dessous. Il y a lieu de rapprocher ce fait d'une remarque de Miss Maury [2]; la variation du spectre de la composante B3*e* est également dissymétrique, ce que Miss Maury explique par la non-coïncidence des axes des deux ellipsoïdes.

3° Comme divers auteurs l'ont signalé, notamment Stebbins [2], Guthnick et Prager [3], la courbe de lumière subit des déformations qui l'écartent de près de $0^m,05$ de sa position moyenne. L'un des maxima s'élève tandis que l'autre s'abaisse, puis l'inverse a lieu. Je n'ai pas pu décider si



ces fluctuations affectaient la forme de la courbe près des minima, mais elles ne modifient pas le sens de la dissymétrie signalée au paragraphe précédent. La période des fluctuations des maxima paraît être de 156 jours. La période véritable du phénomène peut d'ailleurs être toute différente, celle qu'on observe pouvant être un battement entre la période principale de 13 jours et une période secondaire. De nouvelles observations photométriques et spectroscopiques sont nécessaires pour fixer ce point.

4° L'existence d'une onde secondaire de période $B = 6^j,57$, annoncée par Miss Blagg [4] n'est pas confirmée. Je remarque du reste que la période B est liée à la période principale P et à l'année A par la relation

$$\frac{1}{B} = \frac{2}{P} - \frac{1}{A},$$

de sorte que son existence semble tout artificielle; elle résulterait du

(1) Miss MAURY, *Popular Astronomy*, 34, 1926, p. 625.
(2) STEBBINS, *Lick Observatory*, Bulletin n° 277, 1915.
(3) GUTHNICK et PRAGER, *Sitzb. der Pr. Akad.*, 1, 1917, p. 223.
(4) Miss BLAGG, *Monthly Notices*, 84, 1924, p. 629.

terme annuel introduit dans les estimations d'éclat (méthode d'Argelander) par l'équation de position. On corrige souvent les magnitudes estimées d'une quantité fonction de l'angle horaire, mais j'ai montré que l'équation de position dépendait aussi de la magnitude. C'est probablement ce dernier effet que mesure l'onde B.

5° La méthode de Russell fournit deux systèmes d'éléments, correspondant l'un à des disques stellaires de brillance uniforme (solution U), l'autre à des disques dont la brillance serait dégradée progressivement du centre au bord (solution D). Les deux systèmes d'éléments diffèrent assez peu, mais la solution D représente mieux l'ensemble des observations, ainsi que les mesures de l'effet de rotation découvert par Rossiter [1].

Éléments de β Lyræ (solution D).

$$a = 47.900.000 \text{ km}, \quad i = 74^\circ, \quad \varepsilon = 0,67,$$

$$\frac{J_1}{J_2} = 0,30, \quad k = 0,42, \quad \alpha_0 = 1,0;$$

$$B\,3e \begin{cases} L_1 = 0,63, \\ a_1 = 0,62 = 43 \odot, \\ b_1 = 0,46 = 32 \odot; \end{cases} \qquad c\,B\,9 \begin{cases} L_2 = 0,37, \\ a_2 = 0,26 = 13 \odot, \\ b_2 = 0,19 = 18 \odot; \end{cases}$$

$$m_1 = 18,7 \odot, \quad d_1 = 0,0006 \text{ eau}; \quad m_2 = 7,6 \odot, \quad d_2 = 0,0035 \text{ eau}.$$

L'étoile *c* B 9 qui est éclipsée au minimum principal a le plus faible volume, la densité et la brillance les plus élevées.

6° L'étoile B 3 *e* présente un caractère anormal. Sa température effective est inférieure à celle des étoiles de sa sous-classe et, du reste, elle est plus rouge que l'étoile *c* B 9. Sa brillance est le quart de celle qu'indiquerait la table de Seares. La même particularité a été trouvée pour d'autres étoiles de type B 3 à raies brillantes (P Cygni, γ Cassiopeiæ). Si l'on admet que l'étoile *c* B 9 est normale et que sa magnitude absolue est $-2^m,8$, on obtient la valeur $0'',003$ pour la parallaxe de β Lyræ.

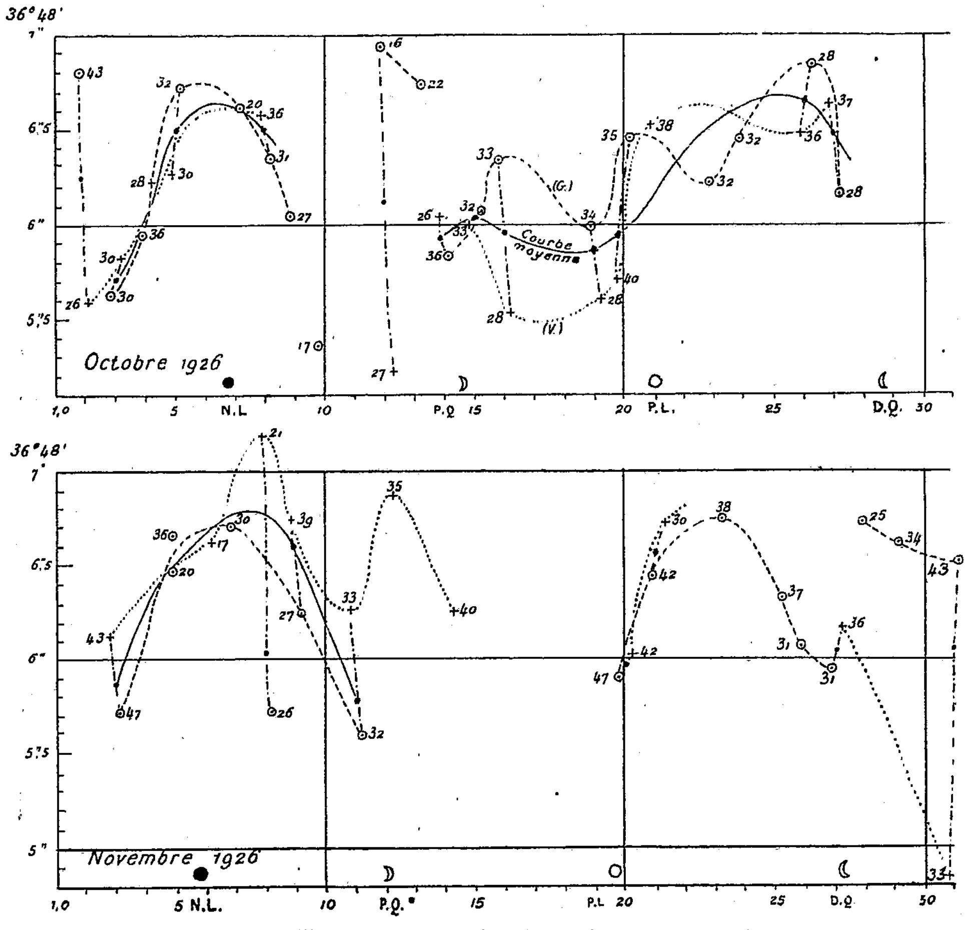
ASTRONOMIE. — *Sur l'emploi de l'astrolabe à prisme pour l'étude des variations des latitudes.* Note de M. A. **Gougenheim**, présentée par M. Fichot.

Lors de la révision des longitudes mondiales en octobre et novembre 1926, des astrolabes à prisme furent utilisés, concurremment avec les instruments

[1] Rossiter, *Astrophysical Journal*, 60, 1924, p. 15.

méridiens dans les stations d'Alger, San Diego, Zikaweï, ainsi d'ailleurs qu'à Paris.

Les résultats obtenus pour les longitudes avec cet instrument ont été déjà publiés par M. G. Ferrié ([1]).



+...... Capitaine de Volontat (V.) ⊙--- Mr Gougenheim (G.) —— Moyenne des series des 2 observateurs faites dans la même nuit. Le nombre placé à côté de chaque détermination indique le nombre d'étoiles de la série

Mais la réduction des observations a donné pour chaque soirée, sans calcul supplémentaire, en même temps que la valeur de la correction de pendule, une valeur de la correction à apporter à la latitude approchée.

([1]) *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 611.

L'astrolabe employé à Alger était du type S.O.M. de 53^{mm} d'ouverture et de grossissement 80.

Les positions des étoiles ont été extraites du catalogue d'Eichelberger; les diverses séries d'observations ont été réduites par la méthode des moindres carrés.

La latitude approchée du pilier de l'astrolabe était 36°48′10″ N.

L'observateur (V) a obtenu 25 corrections de latitude comprises entre $-2'',81$ et $-5'',17$, soit un intervalle de 2″,36, la valeur moyenne étant $-3'',75 \pm 0'',08$.

Les 35 corrections obtenues par (G) sont comprises entre $-3'',06$ et $-4'',64$, soit dans 1″,58, avec une valeur moyenne de $-3'',70 \pm 0'',07$.

La latitude du pilier de l'astrolabe est par suite : $36°48'6'',28 \pm 0'',05$, d'où l'on déduit pour le grand cercle méridien, qui est à 36^m au Sud, une latitude de 36°48′5″,11 N.

Mais les 60 valeurs individuelles obtenues par les deux observateurs ne semblent pas distribuées tout à fait au hasard.

Si l'on considère la courbe de la latitude en fonction du temps, on relève sur le graphique de l'observateur (G) trois maxima nettement accusés, sensiblement égaux et autour desquels les courbes sont à peu près superposables sur une assez grande longueur. Deux de ces maxima ont lieu aux nouvelles lunes d'octobre et de novembre; le troisième suit d'environ trois jours la pleine lune de novembre.

La courbe (V) indique aussi, mais avec moins de régularité ces maxima. Elle décèle en outre un minimum environ deux jours après le premier quartier d'octobre.

Enfin la courbe moyenne de (V) et de (G) montre un quatrième maximum postérieur de trois jours à la pleine lune d'octobre.

En résumé, l'examen des latitudes obtenues pendant ces deux mois met en évidence des maxima à peu près égaux lors des nouvelles lunes et peu de jours après les pleines lunes.

On retrouve ainsi, mais sous une forme un peu différente, la période semi-lunaire de 14 jours signalée dès 1913 par Boccardi [1].

Le manque d'observations, par suite du temps défavorable, dans les périodes où la latitude serait minima, ne nous permet pas de considérer tout à fait la moyenne des valeurs obtenues comme étant la latitude

(1) Boccardi, *Bulletin astronomique*, 30, 1913, p. 290 et suivantes, et 35, 1918, p. 287 et suivantes.

moyenne des deux mois d'observations; les moyennes des deux observateurs coïncident à 0",05 près du fait que leurs déterminations ont eu lieu à peu près aux mêmes époques.

Il semble toutefois qu'on puisse estimer à 1" environ la valeur de l'amplitude, pour laquelle Boccardi avait trouvé seulement 0",3 en 1912 et 0",2 en 1918 et qui était déjà dix fois plus forte que celle qu'il avait prévue par le calcul.

Il faut noter en outre que, nos observations ayant été exécutées en vue d'obtenir la correction de pendule, nous avions été conduits à n'observer qu'un nombre assez faible d'étoiles de latitude.

La concordance de ces résultats nous permet de conclure que l'astrolabe à prisme est capable de collaborer à l'étude des variations des latitudes (1) et il est à souhaiter que des observations suivies soient entreprises dans ce sens, principalement en vue de déterminer l'ordre de grandeur de la variation semi-lunaire et par conséquent de fixer les précautions qu'il y a lieu de prendre dans la détermination précise d'une latitude moyenne.

NAVIGATION. — *Sur la détermination astronomique du point à l'aide d'une carte conforme, utilisable comme carte orthodromique.* Note de M. **Louis Kahn**, transmise par M. Paul Painlevé.

I. L'objet de la présente Note est de montrer quelles simplifications la carte dont nous avons exposé le principe et les propriétés (2) apporte à la détermination du point par observation des hauteurs d'astres.

Supposons que l'image de l'astre à l'instant de l'observation soit dans la carte et que sa distance zénithale z soit faible : nous préciserons ce qu'il faut entendre par ce mot. Les propriétés de la carte font prévoir que pour avoir un point de la courbe de hauteur, il suffira de porter z à partir de l'astre et sur la droite le joignant au point estimé, à l'échelle de la carte pour le segment obtenu. Ainsi on évitera le calcul trigonométriqne en usage pour déterminer la droite de hauteur et le lieu de position sera un élément de cercle voisin du point estimé, à une erreur ε près, qui est la

(1) Cf. Mme Chandon, *Bulletin astronomique*, 34, 1917, p. 226, et *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 1823. — Pirot, *Annales hydrographiques*, n° 711, 1923-1924, p. 141 à 154.

(2) *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 496.

différence entre l'image de z portée suivant la droite, et l'image de z portée suivant le grand cercle.

II. L'erreur ε est nulle quand l'astre et le lieu d'observation sont sur la même perpendiculaire à l'axe, elle est maxima quand ils sont à la même distance et du même côté de l'axe. La carte étant limitée à 15° de l'axe, le maximum est atteint pour cette distance et prend pour des valeurs de croissante, les valeurs suivantes :

z.......	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°
ε.......	1",3	3",2	14",5	26",5	53",2	1'30",8	2'26"

L'erreur n'atteindrait 5 minutes que pour $z = 45°$. Les erreurs précédentes sont toutes négligeables pour le point en avion, non seulement à cause de l'imprécision de la mesure des hauteurs, mais aussi parce qu'une précision plus grande est inutile. Il ne peut en effet être question de parer un danger à l'aide d'une observation astronomique, comme à bord d'un navire. L'observation astronomique en avion a surtout pour objet d'améliorer l'estime, qui lorsque la terre est invisible devient rapidement très incertaine à cause de la dérive. Les relèvements radiogoniométriques qui sont incertains à 2 ou 3 degrés près, sont insuffisants dès que la station est éloignée. Par exemple à 1000^{km} de distance un relèvement donne, pour 3° d'indécision une bande de position de près de 100^{km} de large qui sera généralement sans utilité.

III. La méthode que nous proposons ne pourrait être employée qu'exceptionnellement sur la carte de Mercator, parce que l'erreur ε prendrait des valeurs considérables.

Supposons qu'on opère dans nos latitudes. Le tableau suivant donne les erreurs ε_{45} et ε_{60}, lorsque l'astre et le lieu d'observation sont, soit à 45°, soit à 60° de l'équateur :

z......	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°
ε_{45}......	5",8	45",2	2'35"	6' 9",6	12'6"	21'39",6	33'44"
ε_{60}......	17"	2'17",2	7'44"	18'23",6	36'5",6	1°2'41"	1°40'7"

Dès que la distance zénithale prend une valeur notable, il n'est plus possible de négliger ε.

IV. Pour que la méthode que nous proposons prenne son plein effet, il y aurait lieu, semble-t-il, d'adopter les mesures suivantes qui supprimeraient le calcul de la position de l'astre à l'instant de l'observation.

a. Il faudrait que, sans calcul ni correction, l'observateur connaisse avec

précision l'heure sidérale du premier méridien. Cette heure peut lui être donnée par un chronomètre, mais il serait plus simple de la donner en permanence par T. S. F., de seconde en seconde, avec des artifices très simples pour identifier l'heure et la minute. Cette mesure, qui, à l'origine de l'émission de l'heure, aurait troublé toutes les communications radiotélégraphiques, serait sans inconvénient aujourd'hui grâce à la haute sélectivité des ondes.

b. L'établissement de cartes du ciel, ayant le même canevas que les cartes terrestres [1], et donnant en fonction du temps sidéral du premier méridien, la position sur la sphère géographique des astres utilisables. L'échelle choisie identique à celle des cartes de navigation pour grand itinéraire pourrait être le dix-millionième.

V. La méthode précédente, qui paraît s'appliquer seulement aux étoiles fixes, peut aussi bien s'employer pour les hauteurs solaires. Supposons, en effet, dressés pour divers points de la terre une table donnant de trois heures en trois heures la hauteur et l'azimut solaire, ainsi que leur variation au voisinage de l'heure du calcul. On trouverait alors un point de la courbe de hauteur, en se servant des points voisins pour la tracer auprès du point estimé, sans plus de complication que pour les étoiles fixes.

VI. Si des observations astronomiques ont déjà été faites en avion, le nombre de celles qui ont été utilisées se comptent par unité à cause des calculs. La méthode que nous proposons ramène toutes les opérations, à un report à la règle ou à la pointe sèche. Elle réduit ainsi à quelques secondes une opération qui demande actuellement de 15 à 20 minutes à un observateur exercé. On reconnaîtra que cette simplification ne tient pas seulement à ce que la carte est orthodromique, mais surtout à ce qu'elle est conforme : l'échelle à adopter pour porter la hauteur zénithale dépend seulement de la distance à l'axe, de l'image de l'astre et de l'image du lieu. Elle ne dépend pas de l'inclinaison sur l'axe du segment qui les joint. C'est là une propriété dont on ne retrouverait pas l'équivalent dans une projection non conforme.

---

(1) Voir *Bulletin de l'Association technique maritime et aéronautique*, Session de 1928 (en cours de publication).

PHYSIQUE. — *Conductibilité des sels pulvérisés.* Note [1] de M. **Jean Cichochi**, transmise par M. H. Le Chatelier.

Foussereau [2] a découvert que la conductibilité des cristaux des sels est plus petite que la conductibilité des mêmes sels pulvérisés. Cette augmentation de conductibilité a été expliquée soit par l'émission d'ions à la surface des sels, soit par l'augmentation de la surface libre et par la conductibilité superficielle.

M. Peczalski [3] a émis l'hypothèse que la conductibilité des sels pulvérisés est due non seulement à la conductibilité des particules solides mais aussi à la conductibilité des vapeurs du sel.

Afin de vérifier cette dernière hypothèse, j'ai fait l'expérience suivante : du chlorure de baryum bien desséché a été mis dans un tube de cuivre de 1^{cm} de diamètre intérieur et long de 12^{cm}. Concentriquement à ce tube passait un fil (a) de cuivre de $0^{mm},7$ de diamètre. Les deux bouts sortants du fil ont été attachés à deux gros fils de cuivre amenant le courant de chauffage au fil (a). Le tout a été mis dans un gros ballon en verre, dans lequel a été fait un vide de 1^{mm} de pression.

La température extérieure du tube en cuivre a été mesurée par un couple thermo-électrique (cuivre-maillechort). Le fil (a) et le tube servaient d'électrodes du courant anodique (i).

La marche de l'expérience est la suivante : Le ballon complètement monté est d'abord vidé. Ensuite on fait passer le courant de chauffage I par le fil (a) pendant une demi-heure. On dessèche ainsi encore une fois le sel dans le vide. Après, on établit le courant anodique. On mesure :

1° La température extérieure du tube (t_0);

2° L'intensité du courant I;

3° La chute de potentiel sur le fil (v);

4° L'intensité du courant anodique (i);

5° Le temps (τ) de passage du courant anodique.

De I et v on déduit la résistance du fil (a), et par suite sa température.

Les courbes donnent les résultats des expériences.

On a porté en abscisse le temps (τ) et en ordonnée l'intensité du courant anodique (i).

---

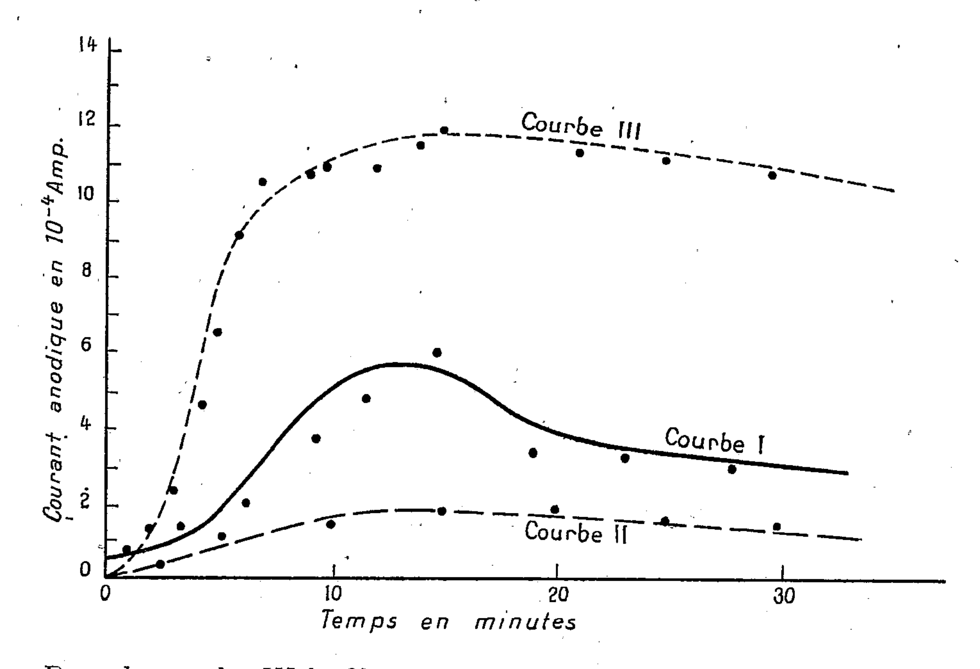
(1) Séance du 23 juillet 1928.

(2) *Ann. Chim. Phys.*, 6e série, 5, 1885, p. 241 et 317.

(3) *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 1588.

La courbe I donne (i) en fonction de (τ), le fil (a) servait d'anode, sa température était 400° C., la température extérieure $t_0 = 120°$ C., la chute de potentiel (v) était de 10 v.

La courbe II donne $i = f(i)$. Le tube servait d'anode; la température du fil était de 500° C. et celle du tube $t_0 = 150°$ C.



Dans la courbe III le fil servait d'anode. La température de (a) était de 600° et celle du tube $t_0 = 200°$ C.

On a vérifié que la loi d'Ohm s'applique à ces sels chauffés inégalement.

Conclusions. — La majeure partie du sel dans l'expérience se trouvait à des températures inférieures à la température à laquelle l'émission d'ions et la conductibilité du sel sont observables. Malgré cela, la conductibilité de $BaCl^2$ dans nos expériences était de l'ordre de la conductibilité observée à la température du fil de chauffage [1].

Ce fait ne peut être expliqué que par la présence des vapeurs des sels non

---

[1] La température T du sel à une distance ρ de la surface du fil peut être calculée par la formule facile à trouver

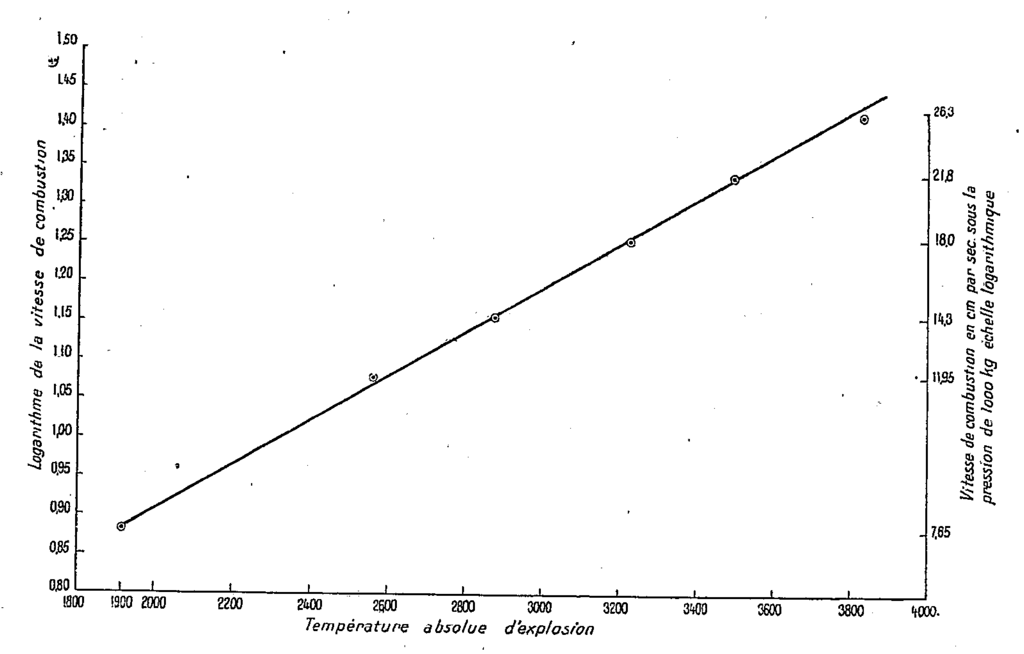
$$T = T_1 \cdot \rho^{\frac{\ln T_0 - \ln T_1}{\ln r}}$$

où T est la température à calculer en degrés absolus, T_1 est la température du tube et r rayon intérieur du tube.

encore condensés dans les parties froides du tube. La conductibilité des sels est due aussi, mais en partie seulement, dans les expériences où le fil (*a*) servait d'anode par la dispersion du cuivre dans les sels (voir J. Peczalski, *loc. cit.*).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la réaction entre la température d'explosion d'une poudre et sa vitesse de combustion.* Note (1) de M. **Henri Muraour**, présentée par M. Charles Moureu.

On sait que la vitesse de combustion d'une poudre colloïdale à la nitroglycérine est d'autant plus grande que son taux de nitroglycérine est plus élevé, mais il n'existait jusqu'ici aucune relation quantitative permettant de calculer la vitesse de combustion d'une poudre colloïdale à partir de sa composition.



En opérant sur des mélanges contenant 50 pour 100 de coton-poudre et 50 pour 100 de nitroglycérine, mélanges additionnés de quantités croissantes de centralite (diéthyldiphénylurée symétrique) de façon à faire varier dans de larges limites (près de 2000°) la température d'explosion,

(1) Séance du 17 juillet 1928.

nous avons trouvé une relation simple entre cette température (qui est celle atteinte par les gaz provenant de la décomposition explosive) et la vitesse de combustion de la poudre : *le logarithme de la vitesse de combustion est en effet une fonction linéaire de la température d'explosion.* La vitesse de combustion d'une poudre colloïdale à la nitroglycérine obéit donc à la loi

$$V = Ke^{Ta},$$

V représentant la vitesse de combustion sous une pression constante (1000^{kg} par exemple);
e la base des logarithmes népériens;
T la température d'explosion;
K et a des constantes.

Cette loi se vérifie remarquablement comme on pourra le constater sur le graphique annexé à cette Note, graphique sur lequel les températures d'explosion ont été portées en abscisse et le logarithme de la vitesse de combustion en ordonnée.

Les températures d'explosion se calculent facilement à partir de la composition chimique de la poudre en utilisant les chaleurs spécifiques de Pier Bjerrum Neumann (*Bulletin de la Société chimique*, 4e série, 39, 1926, p. 395) et en calculant la composition des produits de l'explosion par la méthode du professeur Poppenberg.

Les vitesses de combustion ont été déterminées par la méthode indiquée au *Bulletin de la Société chimique*, 4e série, 41, 1927, p. 1455.

Voici la composition et les caractéristiques des poudres tubulaires utilisées dans les essais :

N° de l'échantillon.	Composition.		Taux d'azote nitrique de la poudre.	Température absolue d'explosion.	Vitesse de combustion en cm par seconde sous la pression de 1000^{kg}.
4...	Coton-poudre.....	50	13,13	3823°	26,3
	Nitroglycérine.....	50			
185...	Mélange 50/50.....	96,5	14,61	3493	21,8
	Centralite........	3,5			
186...	Mélange 50/50.....	93,5	14,28	3223	18,0
	Centralite........	6,5			
187...	Mélange 50/50.....	90	13,60	2873	14,3
	Centralite........	10			
188...	Mélange 50/50.....	86,5	13,13	2563	11,95
	Centralite........	13,5			
190...	Mélange 60/25.....	85	11,49	1913	7,65
	Centralite........	15			

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les mélanges sulfonitreux et sulfonitriques.* Note de MM. **A. Sanfourche** et **L. Rondier**, transmise par M. Henry Le Chatelier

Nous avons entrepris de compléter les anciennes déterminations faites par Sorel des tensions de dissociation des acides sulfonitreux et de les étendre aux mélanges sulfonitriques (pour lesquels il ne s'agit plus de tension de dissociation, mais de pression de vapeur d'acide nitrique), ainsi qu'aux mélanges mixtes dans lesquels l'acide sulfurique renferme à la fois de l'acide nitreux et de l'acide nitrique.

Ces déterminations ont porté sur des acides sulfuriques de densité comprise entre 1,453 et 1,833, soit environ de 55 à 92 SO^4H^2 pour 100, renfermant des proportions d'acide nitreux ou nitrique généralement faibles, telles qu'on les rencontre dans l'industrie de l'acide sulfurique par le procédé des chambres. Exceptionnellement, le sulfonitreux a pu contenir jusqu'à 6,37 N^2O^3 pour 100.

Les tensions étant la plupart du temps très faibles ont été mesurées suivant la méthode dynamique, en entraînant par un courant d'azote les gaz dégagés qui, absorbés dans un réactif approprié (eau oxygénée pour l'ensemble des produits nitrés, acide sulfurique $D = 1,833$ pour le nitreux seul) sont ensuite dosés par des procédés colorimétriques. Les chiffres obtenus, que le manque de place ne nous permet pas de reproduire ici, nous ont amenés aux constatations suivantes :

Dans les mélanges sulfonitreux, la tension de décomposition est d'autant plus forte que la concentration de l'acide sulfurique est plus faible, la richesse en nitreux plus grande, et la température plus élevée. Ces faits sont en accord avec les notions déjà acquises sur ce sujet. La tension varie rapidement surtout pour les concentrations d'acide sulfurique voisines de 70 pour 100, toutes les autres conditions étant identiques.

Dans les mélanges sulfonitriques, la pression de vapeur d'acide nitrique, qui croît avec la température et la richesse en acide nitrique, ne varie pas toujours dans le même sens que la concentration de l'acide sulfurique : elle augmente d'abord quand cette concentration diminue, passe par un maximum vers 78 SO^4H^2 pour 100, puis décroît quand la concentration s'abaisse encore.

Dans les mélanges contenant à la fois du nitreux et du nitrique, on pouvait s'attendre à ce que la tension soit la somme des tensions individuelles; or,

nous avons observé qu'elle est considérablement plus élevée que cette somme, même pour des proportions d'acide nitrique extrêmement faibles, et l'excès est d'autant plus accentué que l'acide sulfurique est plus concentré. Le tableau suivant, dans lequel les tensions sont données en grammes d'azote par mètre cube, met ce fait en évidence :

Acide de D = 1,833, contenant 43^{g} Az nitreux + $0^{g},432$ Az nitrique par litre.

	Tension nitreuse seule.	Tension nitrique seule.	Somme.	Tension nitroso-nitrique.	Rapport.
0.....	0	ε	ε	0,18	très grand
10.....	0,001 (calc.)	ε	0,001 + ε	0,31	>300
20.....	0,002 (calc.)	ε	0,002 + ε	0,46	>200
30.....	0,0056	0,001 (calc.)	0,0066	0,69	105
40.....	0,015	0,002 (calc.)	0,017	1,04	60

Acide de D = 1,833, contenant $5^{g},65$ Az nitreux + $0^{g},432$ Az nitrique par litre.

	Tension nitreuse seule.	Tension nitrique seule.	Somme.	Tension nitroso-nitrique.	Rapport.
10.....	0	ε	ε	0,021	très grand
20.....	0	ε	ε	0,040	très grand
30.....	0	0,001 (calc.)	0,001	0,075	75
40.....	0	0,002 (calc.)	0,002	0,12	60
50.....	0	0,004 (calc.)	0,004	0,19	47

Acide de D = 1,710, contenant $5^{g},65$ Az nitreux + $0^{g},22$ Az nitrique par litre.

	Tension nitreuse seule.	Tension nitrique seule.	Somme.	Tension nitroso-nitrique.	Rapport.
10.....	0,004	0,012	0,016	0,20	12,5
20.....	0,011	0,021	0,032	0,36	11
30.....	0,024	0,039	0,063	0,58	9
40.....	0,048	0,077	0,125	1,02	8,1

Acide de D = 1,710, contenant $5^{g},65$ Az nitreux + $0^{g},11$ Az nitrique par litre.

	Tension nitreuse seule.	Tension nitrique seule.	Somme.	Tension nitroso-nitrique.	Rapport.
20.....	0,011	0,013	0,024	0,23	9,6
30.....	0,024	0,020	0,044	0,38	8,6
40.....	0,048	0,035	0,083	0,58	7

Acide de D = 1,653, contenant $0^{g},50$ Az nitreux + $0^{g},50$ Az nitrique par litre.

	Tension nitreuse seule.	Tension nitrique seule.	Somme.	Tension nitroso-nitrique.	Rapport.
10.....	0,013	0,019	0,032	0,21	6,5
20.....	0,020	0,033	0,053	0,35	6,6
30.....	0,037	0,047	0,084	0,62	7,4

Avec l'acide de densité 1,563, le rapport devient égal ou inférieur à 5, suivant la proportion de nitrique présent; il tombe à 2 avec l'acide de densité 1,453.

Ce phénomène peut s'expliquer par la réaction équilibrée suivante :

$$SO^4H.NO + NO^3H \rightleftharpoons SO^4H^2 + N^2O^4, \quad (1)$$

qui substitue le dégagement de peroxyde d'azote très volatil à la tension relativement faible de l'acide nitrique dans les mélanges sulfonitriques, et à la réaction de décomposition de l'acide nitrosulfonique dans les mélanges sulfonitreux :

$$(2) \qquad 2SO^4H.NO + H^2O \rightleftharpoons 2SO^4H^2 + N^2O^3,$$

décomposition qui est très peu marquée lorsque la concentration de l'acide sulfurique est élevée. Au contraire, la réaction (1) voit sa limite d'équilibre d'autant plus déplacée dans le sens de gauche à droite que l'acide sulfurique est plus concentré, comme en témoignent les chiffres ci-dessus. Le dégagement de peroxyde d'azote est prouvé d'autre part par l'analyse, qui montre le rapport de l'azote nitreux à l'azote total voisin de $\frac{1}{2}$ quand le milieu est très concentré, et tendant vers 1 à mesure que la concentration diminue, à cause de la part de plus en plus grande prise par la réaction (2).

Nous ajouterons que la représentation graphique des tensions (nitreuses, nitriques ou mixtes) est grandement facilitée si l'on remplace les nombres trouvés par leurs logarithmes vulgaires. Les courbes en fonction de la température que l'on peut ainsi tracer se rapprochent beaucoup de lignes droites, et l'interpolation devient très aisée.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la dissociation de l'azoture de chrome.* Note [1] de M. G. **Valensi**, présentée par M. Perrin.

I. Il a été préparé de l'azoture de chrome par la méthode de Ferrée [2], qui consiste à chauffer à 800° dans une atmosphère d'azote pur du chrome pyrophorique provenant de la distillation de son amalgame.

L'appareil, entièrement clos, comprenait un mesureur à mercure, au moyen duquel l'absorption a pu être suivie. Le contrôle analytique a consisté à décomposer, dans le vide à 1370°, le produit formé dans un tube de silice, préalablement privé de ses gaz et éprouvé quant à sa perméabilité à l'air extérieur — et en recueillant l'azote au moyen d'une pompe de Geissler, en primaire d'une trompe de Langmuir.

A l'analyse, comme à la synthèse, les teneurs trouvées sont très voisines de 22,5 pour 100 de N^2 alors que la formule CrN n'en exige que 21,2.

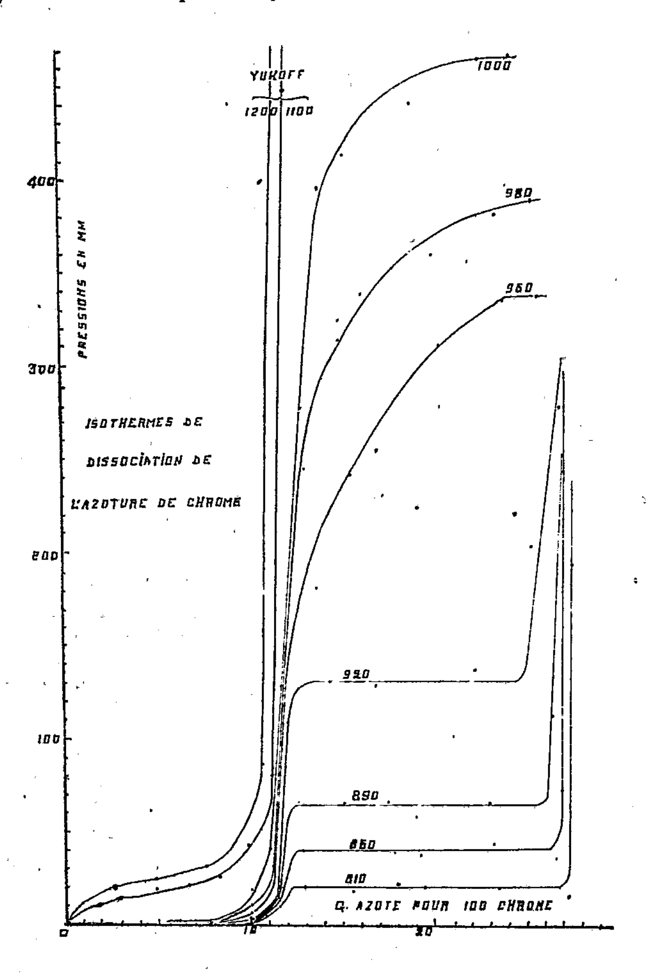
II. La dissociation a été étudiée à diverses températures, en faisant cor-

(1) Séance du 23 juillet 1928.

(2) Ferrée, *Bull. Soc. ch.*, 3e série, 25, 1901, p. 618.

respondre à chaque mesure de pression la concentration en azote sur le solide, calculée au moyen du volume de l'appareil.

L'équilibre en chaque point a demandé souvent plus de 10 heures pour s'établir. Aussi toutes les mesures ont-elles été effectuées : 1° par températures croissantes; 2° par températures décroissantes, les nombres admis étant les moyennes de chaque couple.



Nous avons obtenu le réseau d'isothermes ci-dessus, auquel nous ajoutons les courbes 1100° et 1200°, déjà publiées par Yukoff ([1]).

III. L'analogie avec le réseau hydrogène-palladium ([2]) est frappante :

([1]) Yukoff, *J. Soc. ph. ch. russe*, 40, 1908, p. 457; 42, 1910, p. 40.

([2]) Hoitsema, *Arch. néerl.*, 1re série, 30, 1897, p. 44. — Gillespie et Hall, *J. Am. Soc.*, 48, 1926, p. 120.

sur chaque isotherme, un palier dont l'amplitude diminue quand la température s'élève est précédé et suivi de branches ascendante et descendante. Les points anguleux des premières (branches de droite) indiquent des teneurs comprises entre 25^g et $27^g,2$ d'azote pour 100^g de Cr, c'est-à-dire voisines de CrN. D'ailleurs, chimiquement, l'azoture ne fait aucun doute, en raison de la disparition complète des propriétés du métal. Ces branches ascendantes représentent donc des dissolutions d'azote dans l'azoture. Quant aux branches descendantes, elles peuvent représenter soit des solutions d'azote dans le chrome, soit des solutions d'un azoture, qui ne serait d'ailleurs que CrN.

Cette deuxième hypothèse nous paraîtrait plus claire : les produits déformés au delà des paliers ont en effet repris le caractère métallique, et l'on peut doser leur azote par la méthode de Schlœsing.

IV. La courbe des tensions fixes de l'azoture de chrome en coordonnées $\left(\log p, \frac{1}{T}\right)$ n'est pas une droite. Cela tient à ce que le phénomène de dissolution se superpose à la dissociation : soient L la chaleur latente moléculaire de la réaction, c le nombre de bimolécules (2CrN) solubles dans une molécule de Cr^2, λ la chaleur latente de dissolution de (2CrN) dans $\frac{1}{C}(Cr^2)$.

Si l'on tenait à considérer *l'azote* comme dissous à raison de c_1 molécules par molécule de Cr^2, et empruntant λ_1 par molécule, les changements de variables très simples $\lambda = \lambda_1 + L$; $c_1 = \frac{c}{c+1}$ ramèneraient ce cas au précédent. c_1 représente dans les deux cas l'azote dosable, et λ_1 la chaleur mesurable au calorimètre.

La loi d'isoéquilibre s'écrirait ici (à une constante près)

$$\frac{\text{Log}\, p}{500} = -\frac{L}{T} + \int c\lambda \frac{dT}{T^2},$$

le deuxième terme étant égal par ailleurs à

$$\int c\lambda \frac{a T}{T^2} = \int \left| \frac{\partial (\text{Log}\, p)}{\partial c} \right|_T dc.$$

Malheureusement, la fonction $c = f(p)_T$ apparaît comme très compliquée, et il est impossible de pousser le calcul dans ce sens. Mieux vaut pratiquement considérer la chaleur moléculaire globale $(L + \lambda c)$ et poser dans un intervalle restreint

$$500\,(L + \lambda c) = \alpha T + \beta,$$

d'où

$$\text{Log}\, p = \alpha\, \text{Log}\, T - \frac{\beta}{T} + \text{const.}$$

Les valeurs

$$\alpha = 96,144, \quad \beta = -88,444, \quad \text{const.} = -750,61.$$

représentent assez bien nos résultats. Elles donneraient comme point de dissociation, sous 760mm, 1014°. L'expérience directe a donné 1015°.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Règle relative à la diffusion des électrolytes dans les gelées chargées.* Note de Mlle **Choucroun**, présentée par M. Jean Perrin.

J'ai montré récemment [1] que la polarisation d'une membrane « chargée » qui sépare les deux éléments d'un couple liquide n'est appréciable que si le plus mobile des deux ions associés a le même signe que cette membrane. Il n'y a pratiquement aucune polarisation quand la membrane a le même signe que l'ion le plus lent, ceci malgré le frottement certain exercé sur lui par les charges des parois de la membrane.

Nous allons voir que, en ce qui regarde la diffusion des électrolytes au travers des membranes chargées :

La vitesse de diffusion que l'électrolyte prend dans une gelée neutre n'est modifiée que si la charge de la membrane a le signe de l'ion le moins mobile; elle est alors toujours diminuée.

Considérons la diffusion du ferrocyanure de potassium au travers de gelées de même teneur en gélatine, neutre d'une part, acide ou alcaline d'autre part. On constate tout de suite que la diffusion du ferrocyanure est pratiquement la même dans la gelée neutre et dans la gelée acide, mais qu'elle est très ralentie dans la gelée alcaline. Les charges positives de la gelée acide ne modifient pas la vitesse de la chaîne de diffusion; celle-ci est modifiée seulement par le frottement des charges négatives de la gelée alcaline sur l'anion, qui est ici le moins mobile des deux ions associés.

De même, si l'on considère la diffusion du sulfate de néodyme, on constate que c'est dans la gelée acide que la vitesse de diffusion est ralentie par rapport à ce qu'elle est dans une gelée neutre, grâce encore sans doute au frottement exercé par les charges positives de la paroi sur le cation Nd^{+++}, qui est ici le moins mobile des deux ions associés.

J'ai cherché à établir quantitativement le rapport des coefficients de diffusion du ferrocyanure diffusant au travers de gelées neutre et alcaline.

(1) F. Choucroun, *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 1548.

Les gelées étaient préparées à partir de gélatine Kodak (0,0004 de cendres) qui à son point isoélectrique est fortement opaque. La gélatine neutre était clarifiée avec du chlorure de potassium en quantité suffisante pour que la concentration en ions K^+ fût la même dans les deux gelées qui devaient ainsi agir de la même manière sur la dissociation du ferrocyanure. Ces gelées qui se formaient dans des cuves à faces parallèles identiques étaient placées dans la cuve thermostatique de N. Marinesco (¹). Une fois réalisé l'équilibre de température entre les gelées et l'enceinte, on superposait le ferrocyanure.

Les cuves pouvaient être traversées par un faisceau lumineux, d'intensité uniforme, de lumière absorbable par le ferrocyanure. On suivait la marche de la diffusion en photographiant les cuves ainsi éclairées à des temps déterminés.

Les clichés ont été examinés au microphotomètre de Lambert et Chalonges. Les courbes d'opacité obtenues ont permis de déterminer les niveaux correspondant dans chaque cuve à une même concentration en ferrocyanure. On a pu ainsi en déduire le rapport des deux coefficients de diffusion dont la valeur à 28° est approximativement $\frac{1}{2,5}$.

Je me suis d'autre part assurée que le ferrocyanure diffuse également vite dans de l'eau neutre et dans de l'eau alcaline. Le coefficient de diffusion déterminé par cette méthode est sensiblement le même dans les deux cas, aux erreurs d'expérience près, et égal à $0,47 \cdot 10^{-5}$ C.G.S. à 28°.

Ces expériences une fois faites, Francis Perrin m'a fait observer qu'en admettant qu'une paroi chargée modifie la mobilité des ions de même signe et ne change pas celle des ions du signe opposé, on aurait pu prévoir par le calcul les résultats trouvés, en ce qui regarde la polarisation des membranes d'une part, la diffusion des électrolytes d'autre part.

En effet, si l'on se reporte aux équations de Nernst relatives à la diffusion et à la variation de potentiel en fonction de la mobilité des ions, on trouve que le coefficient de diffusion varie beaucoup seulement dans le cas où la membrane chargée ralentit la mobilité de l'ion le moins mobile, et que le voltage varie beaucoup seulement quand la membrane chargée ralentit la mobilité de l'ion le plus mobile.

(¹) *J. Ch. Phys.*, **24**, 1927, p. 601.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur quelques cémentations d'aciers par des alliages spéciaux à base de manganèse.* Note [1] de M. **Jean Cournot**, présentée par M. Léon Guillet.

Poursuivant des recherches déjà exécutées ou dirigées sur diverses diffusions intermétalliques, j'ai étudié l'action de cémentation des aciers au carbone par des ferros à base de manganèse.

Aciers étudiés : ordinaires doux, demi-dur et dur.

Céments (principalement constitués des ferros suivants, finement pulvérisés) :

a. Spiegel ordinaire à 15,42 pour 100 de Mn et 4,16 pour 100 de C;

b. Ferromanganèse riche à 76,19 pour 100 de Mn et 6,52 pour 100 de C;

c. Ferromangano-silico-aluminium à 19,25 pour 100 de Mn, 20,64 pour 100 de Si et 10,34 pour 100 de Al.

Facteurs étudiés. — J'ai cherché à approfondir les influences de : la composition du cément, la température de cémentation, le temps de cémentation, la nature de l'acier initial, la nature du cément, l'usure du cément au cours de cémentations successives; ceci par micrographie, essais de dureté et essais de corrosion.

Composition du cément. — La meilleure action a été obtenue en mélangeant au cément environ 2,5 pour 100 de chlorure d'ammonium et 2,5 pour 100 d'alumine (en poids); le chlorure d'ammonium produit un décapage des éprouvettes et améliore l'atmosphère du traitement; l'alumine empêche le cément de se coaguler au cours du chauffage.

J'ai également étudié trois mélanges de spiegel et de cément de Caron, dans les proportions respectives suivantes (en pour 100 en poids) : 94,5-6,5, 89-11, 78,5-21,5, sans chlorure d'ammonium ni alumine.

Structures obtenues. — Les cémentations au spiegel (sans cément de Caron) donnent une pénétration d'aspect très semblable à la cémentation ordinaire par le carbone, mais la diffusion est un peu plus lente; de très belles épaisseurs d'aspect eutectoïde pur sont ainsi obtenues sans carbure en bordure; la présence de manganèse n'est signalée par aucune constitution spéciale : il faut tremper pour obtenir de la martensite.

Les traitements à base de ferromanganèse riche donnent une diffusion analogue mais ralentie; il apparaît en plus, pour les chauffages effectués au-dessus d'une température minimum, un constituant extérieur blanc diffici-

---

[1] Séance du 23 juillet 1928.

lement attaquable; cette couche périphérique est mince (de l'ordre de $\frac{5}{100}$ de millimètre pour un chauffage de 4 heures à 1150°).

L'élévation de la teneur en carbone des éprouvettes ralentit les diffusions eutectoïdes; pour les aciers demi-durs et surtout durs, la perlite initiale s'affine sur le pourtour et prend une allure marbrée troostitique. Quant au constituant périphérique blanc obtenu avec le ferromanganèse riche, il apparaît à température d'autant plus basse que l'acier est plus carburé.

Voici quelques pénétrations obtenues sur acier doux dans la cémentation au spiegel sans cément de Caron; durée de chauffage à température, 4 heures:

	Acier doux.				Acier demi-dur.	
	900°.	950°.	1000°.	1050°.	950°.	1050°.
Pénétration totale (en millimètre).......	0,4	0,8	1,1	1,4	0,6	0,8
Titre fictif de la périphérie (C pour 100).	0,3	0,6	0,8	0,8	0,7	0,8

Les cémentations par le ferro-mangano-silico-aluminium donnent en périphérie une couronne blanche nettement délimitée, sans constituant de transition.

Duretés réalisées. — Les cémentations au spiegel (sans cément de Caron) donnent, à température et temps égaux de cémentation, des densités après trempe un peu supérieures à celles de la cémentation ordinaire par le carbone; elles sont aussi beaucoup plus régulières et les *régions molles* souvent signalées s'atténuent ici; voici quelques moyennes de dureté obtenues à l'aide de la machine de Rockwell sur échantillons cémentés 4 heures à 1000° :

	Double trempe à :	Moyenne de dureté Rockwell.	Écart maximum (pour 100).
Cément de Caron seul..............	950° et 775°	50,0	8,5
Spiegel sans cément de Caron.......	950 et 900	55,0	0
» »	950 et 850	55,5	1,5
» »	950 et 800	56,5	5,0

Il semble donc bien que la cémentation au spiegel redonne des écarts appréciables lorsque la température de seconde trempe s'abaisse trop; mais la dureté moyenne s'élève; cette augmentation de dureté due à la disparition de l'austénite est donc à un certain moment contre-balancée par l'hétérogénéité de trempe due à une trop basse température de ce dernier traitement.

Les résultats obtenus avec les mélanges de spiegel et de cément de Caron sont inférieurs; la dureté moyenne s'abaisse et les écarts augmentent.

Usure du cément. — Le cément ordinaire au spiegel a été soumis à des essais successifs de cémentation sans régénération; l'effet de cémentation s'atténue vite; en voici quelques résultats sur acier doux (traitement de 4 heures à 1050°) :

Chauffage n°	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Pénétration totale (mm).....	1,40	1,30	1,25	1,05	0,07	0,05

Résistance à la corrosion. — Des éprouvettes d'acier doux cémentées pendant 4 heures à 1000° dans le ferromangano-silico-aluminium ont été essayées à l'immersion complète dans les acides sulfurique, azotique et chlorhydrique, et dans leurs solutions à 10 pour 100; les attaques dans l'acide chlorhydrique et dans toutes ces solutions ont été en général rapides; mais les tenues dans les acides sulfurique et azotique purs sont intéressantes comme le montre le tableau ci-après (éprouvettes cylindriques de 15^{mm} de longueur sur 6^{mm} de diamètre environ) :

	Éprouvette brut de cémentation.		Les mêmes, trempées à 875°.	
	SO^4H^2.	AzO^3H.	SO^4H^2.	AzO^3H.
Poids initial (gr.).......	3,47	3,02	3,49	3,46
Poids après 16 jours.....	3,45	2,94	3,47	3,31
Poids après 77 jours.....	3,42	-	3,43	-

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'azoture de calcium.* Note de MM. **Paul Dutoit** et **Armand Schnorf**, présentée par M. G. Urbain.

L'azoturation du calcium a fait l'objet d'une vingtaine de Mémoires, depuis celui de Maquenne, en 1893, jusqu'au plus récent, paru il y a quelques mois.

Malgré cette abondance de travaux, plusieurs particularités de la réaction restent mystérieuses. Nos recherches, commencées depuis plusieurs années, ont porté :

Sur le rôle de la division du calcium et des catalytiques dans la réaction d'azoturation;

Sur la nature et les caractères physico-chimiques du produit de la réaction;

Sur la nature de la réaction et sa variation en fonction de la température.

Nous les résumerons brièvement ici.

1. Toutes choses égales, la réaction est d'autant plus rapide, que l'état de division du calcium est plus grand. Cette observation, qui paraît évidente, a cependant été contestée par quelques auteurs.

Le calcium le plus divisé que nous ayons obtenu a été préparé en dissolvant le calcium dans l'ammoniaque liquide et en décomposant le calciumhexammine formé, à très basse température, sous le vide de la pompe à mercure.

Ce calcium réagit déjà quantitativement à la température ordinaire, avec une vitesse assez grande pour pouvoir être mesurée en minutes. La seule précaution à prendre est de décomposer complètement le calciumhexammine, car des traces d'amidure paralysent l'azoturation.

2. Les métaux alcalins et des traces d'eau ne catalysent pas la réaction comme cela a été prétendu. Des traces d'oxygène agissent comme catalyseur négatif énergique. Les observations faites par différents auteurs sur ces catalyseurs positifs et négatifs peuvent s'interpréter par l'action de ces corps sur la passivité du calcium. Les oxydants, même en traces, rendent le métal passif et, dans ce cas, les réducteurs semblent agir comme catalytiques en supprimant la passivité.

3. La réaction d'azoturation du calcium est autocatalytique. Les déterminations ont été faites en évitant toute élévation de température du calcium pendant la réaction. A ce point de vue, l'azoturation du calcium se différencie nettement de celle du lithium qui, elle, n'est pas autocatalytique.

4. La vitesse d'azoturation, déjà appréciable à basse température, augmente quand la température s'élève, passe par un maximum vers 450°, devient nulle vers 600° pour augmenter ensuite de nouveau régulièrement à partir du point de fusion du calcium. Ce phénomène, déjà connu, n'a pas été observé dans l'azoturation du lithium.

5. La quantité d'azote, fixé à haute température par le calcium, correspond à la formule Ca^3N^2 sans qu'il y ait jamais excès d'azote (solubilité, combinaison moléculaire, etc.), même si le produit reste en contact avec de l'azote pendant plusieurs heures. A basse température, par contre, il y a un déficit d'azote fixé de 2 à 3 pour 100.

6. Les azotures, préparés à basse température sous une pression de P millimètres d'azote, puis refroidis dans le vide après azoturation complète, émettent de l'azote lorsqu'on les réchauffe. La pression de l'azote émis est toujours plus petite que P tant que la température de l'azoturation n'est pas dépassée. Elle peut, par contre, atteindre des valeurs considérables de l'ordre de plusieurs atmosphères aux températures supérieures.

Toutes choses égales, la tension est d'autant plus forte :

a. Que l'azoture a été préparée à plus basse température;
b. Que le réchauffement a été plus brusque;
c. Que le temps qui s'écoule entre la préparation de l'azoture et son réchauffement est plus court.

La pression d'azote émis par un azoture réchauffé prend instantanément une valeur fixe. Lorsque l'azoture est soumis de nouveau au vide, à la même température, la pression tombe à zéro. Malgré cela, un nouveau réchauffement à température plus élevée détermine un nouveau dégagement d'azote. Ce dégagement se manifeste jusqu'à 1300°.

7. L'azoture de calcium, obtenu après un chauffage prolongé au-dessus de 1200°, est jaune citron et cristallisé. Il se sublime et se dépose dans les parties froides de l'appareil. Sa tension de dissociation est plus faible encore que celle extrapolée à partir des déterminations de Kraus et Hard (¹), effectuées entre 950-1050° à la jauge Mac Leod.

Il ne semble pas possible, dans l'état actuel de la technique, de déterminer les tensions de vapeur exactes de l'azoture de calcium, à cause de sa volatilité.

8. L'azoture de Ca qui n'a pas été soumis à un chauffage prolongé à haute température n'est pas jaune. Sa teinte est noire jusqu'à 350°, noir bleuâtre (350-600°), brun rouge (600-850°), verdâtre (850-1100°), jaune citron au-dessus de 1150°.

Chacun de ces azotures possède une tension de décomposition irréversible qui lui est propre. Seul, le nitrure jaune, cristallisé, possède une tension de dissociation réversible.

On s'explique ainsi les valeurs différentes qui ont été obtenues dans la détermination des tensions de vapeur de Ca^3N^2, en particulier les valeurs très élevées obtenues par Leu (*Thèse* Lausanne, 1925), au moyen de la méthode d'entraînement de l'azote par l'argon. Toutes ces valeurs ne se rapportent pas à un azoture défini et ne correspondent pas à un équilibre réversible.

Les phénomènes que l'on observe au cours de l'azoturation du Ca peuvent être interprétés en admettant que l'azote et le calcium forment, à basse température, une combinaison moléculaire CaN instable, décomposable d'une manière non réversible et se transformant à la longue dans l'azoture chimique.

A l'appui de cette hypothèse, nous signalerons que les azotures de Ca préparés au-dessous de 300° sont pyrophoriques.

(¹) *Journ. Am. Chem. Soc.*, 45, 1923, p. 2569.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Les rayons X ne donnent pas toujours la véritable maille des cristaux.* Note [1] de M. **Ch. Mauguin.**

M. G. Friedel, dans une Note récente [2], insiste à nouveau sur le fait que l'analyse des édifices cristallins au moyen des rayons X ne fournit pas toujours la maille cristalline véritable. Je pense avoir trouvé dans la biotite (mica noir) et dans les chlorites des exemples propres à illustrer cette thèse.

1. En général, on engendre le feuillet élémentaire des micas en répétant un motif en O^{12} par les translations d'un réseau de losanges (OA, OB, *fig.* 1)

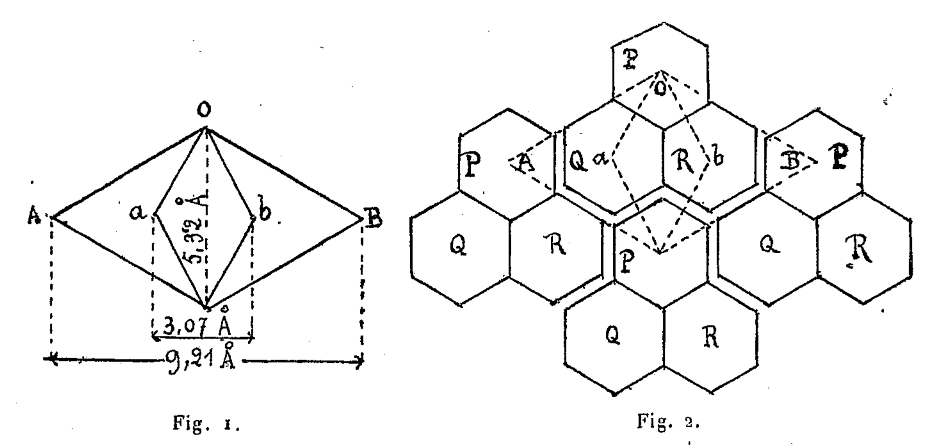


Fig. 1. Fig. 2.

dont les dimensions sont à peu près indépendantes de la composition chimique du minéral [3]. Dans le cas de la biotite, on trouve une maille (*oa*, *ob*) trois fois plus petite, avec un motif en O^4. Cette exception est unique dans tout le groupe des micas, et par cela même assez suspecte.

2. Chez les chlorites [4] formées de feuillets très analogues à ceux des micas, on retrouve les translations génératrices (*oa*, *ob*) de la biotite. Mais on est conduit ainsi à adopter un motif cristallin (en O^6) qui comporte un nombre d'atomes d'hydrogène $H^{\frac{8}{3}}$ fractionnaire. On pourrait être tenté d'expliquer la valeur fractionnaire de l'exposant de H en lui attribuant une signification statistique (moyenne entre mailles de composition variable),

(1) Séance du 23 juillet 1928.
(2) G. Friedel, *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 1788.
(3) Ch. Mauguin, *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 879.
(4) Ch. Mauguin, *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 1852.

mais alors on devrait s'attendre à le voir varier d'une chlorite à l'autre, ce qui n'est pas. Force est donc d'admettre que la maille véritable est au moins triple de la maille donnée par l'expérience : motif en O^{18} avec 8 atomes H. L'hypothèse la plus plausible, c'est que les feuillets des micas (y compris la biotite) et ceux des chlorites admettent les mêmes translations génératrices OA, OB, mais que pour une raison à trouver les rayons X fournissent dans certains cas une valeur trois fois trop petite par la diagonale AB de la maille.

3. Cette manière de voir paraît confirmée par les observations suivantes. La valeur du paramètre AB se déduit des distances qui séparent les rangées horizontales de taches de diffraction sur le cliché (chambre cylindrique) obtenu par rotation du cristal autour de l'axe binaire L_2. Ces rangées sont trois fois plus écartées dans les chlorites (et la biotite) que dans les micas. Mais un examen attentif montre que les rangées de taches qui disparaissent quand on passe des micas aux chlorites (ou à la biotite) sont remplacées par des traînées continues, non résolubles en taches, extrêmement faibles, qui m'avaient d'abord échappées mais que je retrouve sur la plupart des clichés. Il suffirait qu'on consente à considérer ces traînées comme des rangées de taches dégénérées pour retrouver partout le paramètre AB qui paraît bien être le paramètre véritable de tous ces cristaux.

4. Voici un schéma qui permet de se représenter au moins approximativement la façon dont la maille véritable peut être masquée aux rayons X. Supposons le feuillet élémentaire des micas (ou des chlorites) formé de cellules hexagonales (côté $a = \frac{1}{3}5,28$ Å) où les atomes d'oxygène sont placés exactement de la même manière, mais où les atomes électropositifs prennent trois arrangements distincts que nous désignerons par P, Q, R. (*fig.* 2). Si le groupe PQR se répète indéfiniment avec la même orientation, les rayons X fourniront OA, OB comme translations génératrices d'un feuillet. Mais admettons que, par suite de macles répétées soit dans un même feuillet, soit au passage d'un feuillet à l'autre, le groupe PQR prenne d'une façon désordonnée trois orientations qui diffèrent de $\frac{2\pi}{3}$ ou $\frac{4\pi}{3}$, chacune avec la même fréquence statistique; tout se passera comme si *oa*, *ob* étaient les translations vraies du système, et l'on trouvera pour le motif la composition moyenne de P, Q, R. Les traînées qui remplacent les rangées de taches sur les clichés semblent indiquer que l'égalité statistique entre les trois orientations n'est pas parfaite.

MINÉRALOGIE. — *Sur la gibbsite déshydratée*. Note de MM. **Jacques de Lapparent** et **Ernest Stempfel**, transmise par M. Wallerant.

La gibbsite est ce minéral, bien cristallisé, de formule $Al(OH)^3$, qu'on nomme encore hydrargillite, et qu'on obtient artificiellement à partir d'un aluminate alcalin par divers procédés.

Lorsqu'on la chauffe entre 200 et 250° C., elle dégage de l'eau. Sans vouloir préjuger de l'état des éléments de cette eau dans le cristal, nous dirons que la gibbsite se déshydrate. A 270°, elle est à peu près complètement déshydratée mais continue à perdre de l'eau, lentement, jusqu'à 500°.

Des expériences relatives à la déshydratation de la gibbsite ayant été faites par l'un de nous (Stempfel), et dont les résultats seront communiqués d'autre part, il nous a paru intéressant d'examiner l'état des échantillons sur lesquels il fut expérimenté.

La gibbsite, utilisée dans les expériences, préparée par le procédé Bayer, forme des groupes de petits prismes hexagonaux résultant de macles suivant $p(001)$, direction de clivage facile, et suivant $m(110)$. Les extinctions de ces cristaux, prismes couchés, vus entre nicols croisés, sont nettement obliques. Le plan des axes optiques étant perpendiculaire au clivage p, la bissectrice aiguë, n_g, fait un angle de 26° avec une normale de clivage : c'est l'angle d'extinction par rapport à la trace du clivage dans la section parallèle au plan des axes optiques.

Chauffés à 250° dans le vide, les cristaux, refroidis, sont chargés d'une telle abondance de bulles qu'ils en deviennent à peu près complètement opaques, mais on peut constater que leurs propriétés optiques sont restées celles de la gibbsite primitive.

Lorsqu'on les a chauffés à 300°, on constate d'abord une abondance moins grande des bulles dans les cristaux, puis en outre une transformation de ceux-ci. L'extinction, d'oblique qu'elle était par rapport à la trace du clivage, est devenue droite; la bissectrice n_g est maintenant située dans p. Dans la gibbsite primitive le sens du clivage était optiquement négatif; il est devenu positif. Les macles suivant p ont disparu, mais les macles suivant m subsistent. De clinorhombique qu'il était, le cristal élémentaire est devenu orthorhombique. En outre, la biréfringence a baissé, et si on la tient dans la gibbsite primitive pour voisine de 0,019, elle est alors de 0,011 environ.

Jusqu'à 600° on ne voit guère de changements; les bulles devenant

seulement moins abondantes, mais les propriétés optiques et cristallines restant celles qui viennent d'être indiquées.

L'examen de la gibbsite portée à 600° montre des cristaux qui ont à peu près complètement perdu leurs bulles et sont devenus limpides. Ils gardent même position des éléments optiques, mais accusent une biréfringence moindre, de l'ordre de 0,006. Ces propriétés se maintiennent dans la gibbsite chauffée à 1000°.

De ces observations on doit d'abord conclure que la déshydratation de la gibbsite ne laisse pas un résidu amorphe. Ayant dégagé de l'eau la gibbsite reste un cristal, un assemblage réticulaire. Mais le réseau de la gibbsite anhydre se déforme : il devient orthorhombique ([1]).

Puis on doit penser que la température du départ de l'eau est fixe. Mais toute l'eau ne sort pas immédiatement de la masse du cristal. Ce dernier, devenu, du premier coup, poreux, retient une partie de l'eau naissante; et l'on constate effectivement que jusqu'à 600° les cristaux se conduisent comme des corps poreux. Mais à 600°, il se fait un nouveau changement physique stable du réseau. toujours orthorhombique, qui, produisant sans doute une dilatation perpendiculairement à p, a pour effet la suppression presque totale des pores; d'où la limpidité acquise alors par la gibbsite et son inaptitude à saisir comme auparavant d'importantes quantités de vapeur d'eau.

L'action de la chaleur sur la gibbsite, aux températures indiquées, a pour effet la création d'un « monstre » : réseau constitué seulement par les éléments de l'alumine et dont la genèse directe est impossible. Mais dans des études récentes faites sur les bauxites, l'un de nous (de Lapparent) a pu observer la présence, en quelques-unes de ces roches, d'un hydrate d'alumine qui a des propriétés physiques très voisines de celles du réseau anhydre de la gibbsite portée à 600° (en particulier, extinctions droites dans les sections perpendiculaires à p et sens positif de la trace de p). L'aspect du corps est celui de la gibbsite. Il semble donc qu'il existe deux variétés de ce minéral, l'une clinorhombique, c'est la gibbsite normale, l'autre orthorhombique dont le réseau a la forme de celui de la gibbsite déshydratée.

([1]) Lowell, H. Milligan et W. J. Mead ont de leur côté (1924) mis en évidence, par des expériences analogues et l'étude des produits aux rayons X, le caractère cristallin de la gibbsite déshydratée. Nos observations nous permettent de préciser la structure de cette dernière (cf. *The mechanism of the dehydratation of crystalline aluminium hydroxyde and the adsorption of water by the resulting Alumina*, by Lowell, H. Milligan, *Research bureau of the Aluminium Company of America*, New Kensington Pa).

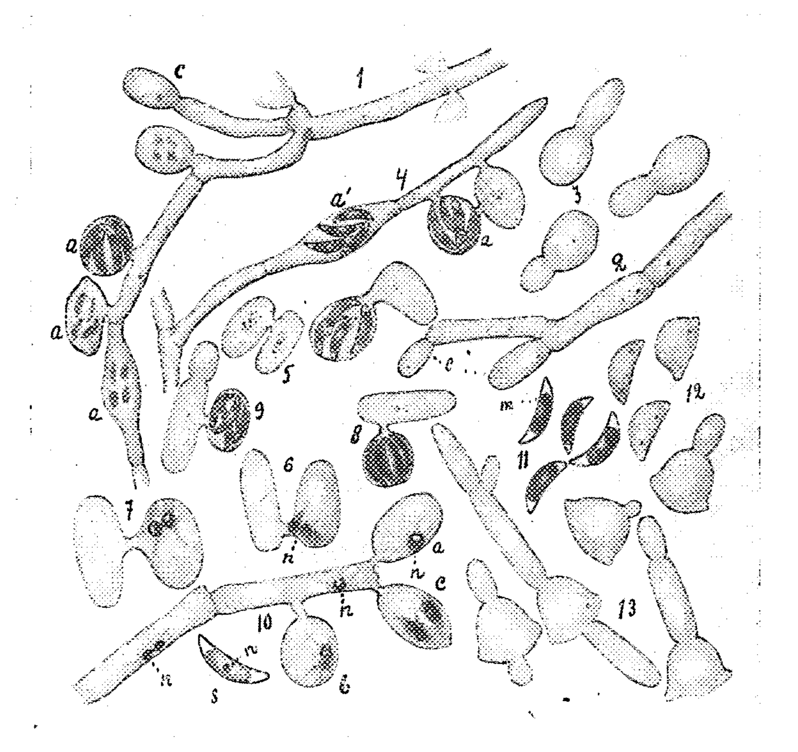
CRYPTOGAMIE. — *Un nouveau genre d'Endomycétacées :* Guilliermondella, *nov. gen.* Note [1] de MM. G. NADSON et N. KRASSILNIKOV, transmise par M. Molliard.

C'est dans l'écoulement muqueux des Chênes que nous avons trouvé dans le gouvernement de Kalouga (U. S. S. R.), parmi d'autres microorganismes, le Champignon dont il est question dans cette Note. Nous en avons étudié le cycle évolutif dans des cultures pures sur moût de bière gélosé et sur autres milieux. Il se déroule de la façon suivante. Le mycélium est bien développé, multicellulaire, mince (1-2$^{\mu}$,5 de diamètre), ramifié (*fig.* 1, 2). Les cellules, de longueur différente, contiennent un seul noyau, qui, sur les préparations colorées avec l'hématoxyline ferrique, a l'aspect d'un corpuscule homogène ou d'une vésicule avec un amas excentrique de chromatine (*fig.* 10, *n*). Il se forme sur le mycélium d'abondantes conidies-levures aériennes (*fig.* 1-2, *c*), ovales, elliptiques ou cylindriques (3-5 × 5-10$^{\mu}$). Elles sont uninucléaires et se propagent par bourgeonnement (*fig.* 3) ou forment directement un mycélium. La désagrégation de celui-ci en oïdies n'a jamais été observée. Le Champignon donne facilement des asques sur le moût de bière gélosé. Les asques, à pédoncule très court, prennent naissance sur le mycélium (*fig.* 1, 4); ils sont rarement intercalaires (*fig.* 4, *a'*). Les conidies-levures, attachées au mycélium ou libres, se transforment souvent en asques. La formation des asques a lieu parthogénétiquement ou est précédée d'une copulation sexuelle. Ce dernier cas est le plus fréquent.

Il est représenté, dans les figures 5-9, la copulation sexuelle des conidies-levures et la formation d'asques. Deux gamètes de mêmes dimensions (isogamie) ou de dimensions légèrement inégales, s'unissent par un canal de copulation (*fig.* 5) : le contenu de l'un (gamète mâle) passe par le canal dans l'autre (gamète femelle). On peut voir sur les préparations colorées le passage du noyau de la première cellule dans la seconde. Sur les figures 6-7, on voit les noyaux des deux cellules à côté l'un de l'autre. Le noyau provenant de leur fusion donne ensuite par divisions successives 4 noyaux (*fig.* 10, *a-c*). Des portions de protoplasme, coloré assez intensément avec l'hématoxyline ferrique (*fig.* 1, *a*), entourent chaque noyau. C'est ainsi que se forment dans l'asque 4 spores de 1,5-2 × 2,5-5$^{\mu}$. Celles-ci

(1) Séance du 17 juillet 1928.

sont récourbées en forme de croissant (sélénoïdes) et ont chacune deux corpuscules métachromatiques (*fig.* 11) et un noyau (*fig.* 10, *s*). La membrane paraît être double : aux deux bouts de la spore, la membrane extérieure semble ne pas adhérer complètement à la membrane intérieure et il se forme en ces endroits comme un petit espace libre, de sorte que la spore a, à chaque extrémité, un petit appendice incolore, de dimensions variables. Les spores se gonflent en germant; la membrane intérieure se distend et



l'espace libre aux bouts des spores diminue; les appendices incolores deviennent de plus en plus petits. Les spores s'arrondissent et se transforment en cellules sphériques légèrement triangulaires avec deux petites cornes (*fig.* 12). Chaque cellule produit ensuite un bourgeon qui se met à bourgeonner à son tour ou donne naissance à un mycélium (*fig.* 13).

La culture de ce Champignon sur moût de bière gélosé d'abord d'un blanc grisâtre prend ensuite une teinte légèrement brunâtre; sa surface est plissée et ses bords irréguliers. Dans le moût de bière, se forme au fond du vase un dépôt volumineux de levures; il ne se produit à la surface ni voile, ni

anneau. Dans les conditions d'anaérobie (dispositif de Büchner), le mycélium portant des conidies-levures se développe bien, mais il n'y a pas de formation d'asques. Le Champignon ne fait fermenter aucun des sucres éprouvés (dextrose, lévulose, galactose, saccharose, maltose), non plus que l'inuline et la mannite. Il liquéfie lentement la gélatine au bout de 2-3 semaines. La température optimale pour son développement est 20-25°; les températures limites sont 5°; au-dessous de 37°.

Toutes ces observations nous permettent de considérer ce Champignon comme le représentant d'un nouveau genre d'Endomycétacées, que nous proposons d'appeler *Guilliermondella* en l'honneur de M. A. Guilliermond; nous nommons l'espèce en question *Selenospora* à cause de la forme particulière de ses spores.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *La genèse de l'amidon dans le Haricot.* Note de MM. **H. Colin** et **R. Franquet**, présentée par M. L. Mangin.

La condensation des sucres à l'état d'amidon est si rapide, dans les plantes, qu'il n'a pas été possible jusqu'alors de saisir les termes de passage entre les sucres réducteurs et la matière amylacée.

On voit bien, à côté de l'amidon, un certain contingent de glucides hydrolysables qu'on serait tenté d'assimiler à des dextrines; en réalité, il ne s'agit que de saccharose, dans la plupart des cas (tubercule de Pomme de terre, châtaigne, bulbe de Colchique, etc.), parfois de lévulosanes (grains de Blé, d'Orge, bulbe de Jacinthe, rhizome d'Iris gigot, etc.); le maltose n'a été rencontré encore que dans trois plantes, la Mercuriale, l'Ombilique, le *Schizopepon*.

Dans plusieurs familles, chez les Légumineu es notamment ([1]), l'amidon est accompagné non seulement de sucre de canne, mais de raffinose ou de stachyose. Le cas vaut la peine d'être étudié d'aussi près que les précédents. D'où viennent ces polysaccharides, quelles sont leurs vicissitudes au cours de l'élaboration de la réserve amylacée ? Voici ce que nous avons observé sur le Haricot dont les graines, comme on sait, renferment du stachyose ([2]), (lupéose de Schulze).

Le polysaccharide est confiné dans la graine; on ne le rencontre, du

---

([1]) H. Hérissey et R. Sibassié, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 6, 1924, p. 759.

([2]) G. Tanret, *Bull. Soc. chim.*, 13, 1913, p. 176.

moins en quantité dosable, ni dans les feuilles, ni dans la racine quelle que soit son importance, ni dans la tige, ni même dans les cosses. Les petits grains n'en renferment pas; ce n'est que dans les grains déjà avancés qu'on le voit apparaître; il prend ensuite de l'importance, en même temps que l'amidon et le saccharose, pour atteindre 2 pour 100 du poids de la graine fraîche, au moment de la dessiccation des gousses. Chose curieuse, il se résorbe très rapidement lors de la germination et les germes n'en renferment pas trace.

Cela étant, il est bien difficile d'assigner au stachyose un rôle quelconque dans l'élaboration de la réserve amylacée du Haricot; sa présence serait-elle liée à celle des galactanes? Tanret le pensait. Toujours est-il que des graines à peu près dépourvues d'amidon, comme celles de Soja et de Lupin, n'en contiennent pas moins du stachyose.

Pas plus dans le Haricot que dans le Blé, l'Ombilique ou la Pomme de terre, l'étude des glucides solubles qui accompagnent l'amidon ne projette la moindre lumière sur le mécanisme chimique de l'amylogénèse. Nulle part, faute de pouvoir saisir le terme dextrines autrement que par des réactions de coloration ([1]), il n'est donné d'assister à la condensation progressive des sucres; la matière amylacée se forme d'emblée.

Tout ce qu'on peut attendre de ces sortes de recherches étendues à toutes les régions de la plante, c'est une vue exacte des transformations que subit le contingent glucidique depuis les feuilles jusqu'aux lieux de mise en réserve.

C'est ainsi que dans le Haricot, on voit les gousses vertes pourvues presque exclusivement de sucres réducteurs, glucose et lévulose, comme l'a noté Tanret, alors que les grains minuscules en contiennent beaucoup moins et sont déjà riches en saccharose et en amidon. Cependant, le court pédoncule qui relie les cosses aux rameaux ne manque pas de sucre de canne, la tige non plus. La feuille renferme à la fois de l'amidon, surtout dans les cellules stomatiques, du saccharose et du sucre réducteur. Partout, dans la plante, on aperçoit des grains d'amidon principalement autour des faisceaux.

Nous ne pouvons relater ici qu'un petit nombre de données; elles se rapportent au Haricot de Soissons à rame; ci-dessous $[\alpha_1]$, $[\alpha_2]$ désignent les pouvoirs rotatoires, avant et après inversion, de l'ensemble des glucides solubles; sous les rubriques T, R, S, S*t*, A

([1]) A. Maige, *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 1098.

figurent les pourcentages respectifs, par rapport au poids frais, du sucre soluble total évalué en glucose, du sucre réducteur, du saccharose, du stachyose et de l'amidon.

		$[\alpha_1]$.	$[\alpha_2]$.	T.	R.	S.	St.	A.
Feuilles	limbe........	+ 47	−11	0,81	0,32	0,46	0	0,44
	pétiole........	+ 49	+20	1,48	0,91	0,53	0	0,80
Tige	haut..........	+ 34	− 5	1,65	0,89	0,73	0	1,35
	bas...........	+ 52	−11	0,76	0,11	0,62	0	1,04
Pédoncules	....	+ 51	−10	0,92	0,33	0,56	0	très peu
Cosses	très jeunes....	− 41	−41	2,24	2,24	0	0	1,25
	jeunes........	− 30	−35	1,53	1,36	0,16	0	1,67
	âgées.........	+ 19	−31	0,95	0,40	0,53	0	1,80
Grains	très petits.....	+ 52	−16	1,58	0,17	1,28	0	1,30
	petits........	+ 74	−15	1,06	0,12	0,89	traces	4,43
	plus gros.....	+ 98	+ 2	1,17	0,03	0,94	0,23	22,51
	mûrs.........	+128	+37	4,07	0,13	1,94	1,86	35,66

CHIMIE PHYSIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur la présence de l'ergostérol dans le sang humain.* Note ([1]) de M. **L.-H. Dejust**, Mlle **Van Stolk** et M. **E. Dureuil**, présentée par M. Ch. Fabry.

Il est aujourd'hui démontré particulièrement grâce aux travaux de Hess, Rosenheim, Windaus et Pohl que l'action antirachitique d'aliments irradiés par l'ultraviolet est due à une transformation que subit l'ergostérol contenu dans ces aliments. Ce stérol, découvert par Tanret dans l'ergot de seigle, possède trois bandes d'absorption dans l'ultraviolet localisées par Morton, Heilbron et Kamm respectivement vers 2935, 2815 et 2700 Å.

Lorsque l'ergostérol est irradié par l'ultraviolet dans des circonstances déterminées, ces trois bandes disparaissent et sont remplacées par une autre bande. A ce moment l'ergostérol a acquis un pouvoir antirachitique très puissant. Si l'on prolonge l'irradiation, cette nouvelle bande disparaît, en même temps que disparaît le pouvoir antirachitique.

Il paraît donc vraisemblable que l'action des radiations ultraviolettes sur les organismes rachitiques humains ou animaux est liée à la présence d'ergostérol dans ces organismes.

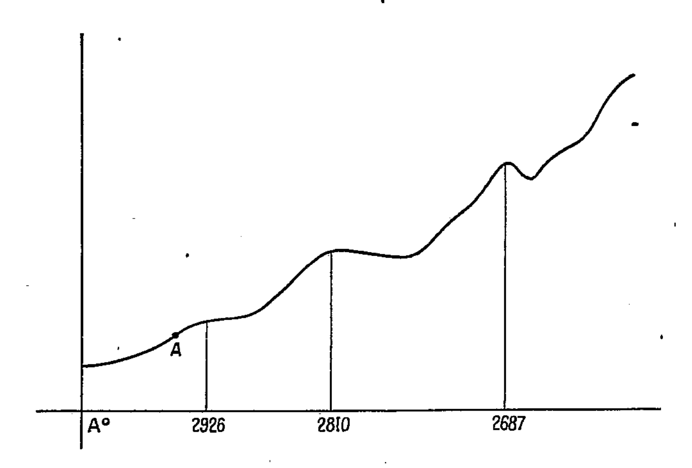
Cette hypothèse implique tout d'abord la présence de l'ergostérol dans le sang, présence qui n'avait pas été recherchée jusqu'ici.

([1]) Séance du 23 juillet 1928.

Nous avons recherché l'ergostérol dans le sang humain. Le sérum utilisé provenait de la réunion d'un grand nombre d'échantillons de quelques centimètres cubes chacun, prélevés en vue de séro-diagnostics; nous étions ainsi assurés d'opérer sur un sérum moyen.

L'ergostérol accompagnant le cholestérol dont il partage la plupart des propriétés, nous avons extrait ces deux corps en suivant la technique de P. Leméland ([1]), dont voici le résumé :

Précipitation du sérum par l'alcool, épuisement du précipité par l'alcool à chaud, saponification de l'extrait alcoolique, épuisement par l'éther, cristallisation du produit dans l'alcool. La matière ainsi obtenue était du cholestérol dans lequel il fallait rechercher la présence d'ergostérol.



Les divers auteurs qui se sont occupés de la question ont montré que les procédés chimiques ne conviennent pas, car il n'existe point encore de technique permettant d'isoler l'ergostérol mêlé en faible proportion au cholestérol. Tout au plus peut-on par distillation ou cristallisation fractionnée augmenter sa proportion dans le mélange.

Nous avons donc utilisé les méthodes optiques pour déceler l'ergostérol.

On prépare une solution dans l'alcool absolu du corps obtenu comme nous venons de le dire, solution saturée à la température du laboratoire. Cette solution fut interposée dans une cuve de quartz entre la source productrice d'ultraviolet et le spectrographe. Comme source d'ultraviolet, nous avons utilisé la lampe à hydrogène de MM. Chalonge et Lambrey, qui

([1]) *Bulletin de la Société de Chimie biologique*, 5, 1923, p. 110.

offre le grand avantage de fournir un fond continu dans toute l'étendue du spectre.

Sans entrer dans des détails expérimentaux qui seront fournis par ailleurs, nous indiquerons seulement que les spectrogrammes obtenus présentent trois bandes d'absorption dans la région de celle de l'ergostérol.

Avec la collaboration de M. Chalonge, nous avons sur ces spectrogrammes déterminé la position de ces bandes au moyen du microphotomètre enregistreur à cellule photo-électrique, construit par M. Bouty. Cet appareil nous a fourni la courbe d'absorption que nous reproduisons. On voit que les bandes se trouvent situées respectivement à 2926, 2810 et 2687 Å. On peut considérer comme satisfaisante la concordance avec les chiffres indiqués par Heilbron pour l'ergostérol pur (vers 2935, 2815, 2700 Å).

En outre, les spectrogrammes décèlent, dans la portion qui correspond aux longueurs d'onde plus courtes que 2700 Å, la présence d'un ou plusieurs corps non identifiés, doués de propriétés absorbantes et différents de l'ergostérol.

La présence, dans le sang humain, d'un corps doué de propriétés photobiologiques aussi prononcées que l'ergostérol mérite de retenir l'attention.

La constatation de cette présence nous permet de saisir un des chaînons du mécanisme de l'action des rayons ultraviolets sur l'organisme. Nous nous proposons de poursuivre cette étude, et, particulièrement, de déterminer la proportion et la répartition de l'ergostérol dans divers organes de sujets normaux ou pathologiques.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la labilité des chaînes d'acides sérine-phosphoriques et sur une réaction générale des tyrines.* Note de MM. **Swigel Posternak** et **Théodore Posternak**, présentée par M. A. Desgrez.

Parmi les produits d'hydrolyse acide des lacto- et ovotyrines, figure, en proportion notable, de l'ammoniaque (environ 12 pour 100 du N total pour les lacto- et 20 pour 100 pour les ovotyrines). Celle-ci, comme nous l'avons indiqué, ne provient pas de groupements amidés, car sa quantité augmente avec la durée de chauffe et la concentration de l'acide. En outre, son apparition est accompagnée de celle d'acide pyruvique. Nous avons donc admis qu'elle se forme par désamination de la sérine dont les tyrines

contiennent de grandes quantités, à côté d'autres acides aminés non décomposés par les acides minéraux (¹).

Or, la sérine libre, traitée dans les mêmes conditions que les tyrines lors de l'hydrolyse, ne cède, comme NH^3, qu'environ 8 pour 100 de son azote, ce qui montre que son mode de combinaison dans les polypeptides phosphorés la rend particulièrement altérable.

D'autre part, de l'ammoniaque se forme avec une extrême facilité aux dépens des mêmes polypeptides dans des conditions bien différentes. Déjà à froid, les lactotyrines, dissoutes dans la soude ou la baryte caustiques à 0,25 N, perdent, en 8-10 heures, 6 pour 100 de leur azote sous forme d'ammoniaque. Traitées par la soude normale à l'ébullition, les lactotyrines dégagent, sous la même forme, en 30 minutes, près de 20 pour 100, les ovotyrines jusqu'à 33 pour 100 de leur azote dont à peine 9 pour 100 pourraient provenir de l'arginine présente.

Dans tous ces cas, l'acide phosphorique est entièrement minéralisé, à chaud, en quelques secondes.

La désamination en milieu alcalin se produit certainement aux dépens des chaînes d'acides sérine-phosphoriques des tyrines. En effet, les polypeptides constitués exclusivement de sérine et d'acide phosphorique que nous avons isolés des produits d'hydrolyse ménagée des ovotyrines (²), perdent, sous l'action de la soude normale bouillante, jusqu'à 75 pour 100 de leur azote. De plus, la formation d'ammoniaque est accompagnée, ici encore, de celle d'acide pyruvique. Mais pour déceler ce dernier, il est indispensable, eu égard à sa grande sensibilité, en milieu alcalin, de limiter à 40-60^sec la durée de chauffe, temps suffisant cependant pour séparer 2^mol,6 NH^3 d'une molécule d'ovotyrine. Le rendement en acide pyruvique et ammoniaque est plus élevé, si après la chauffe de courte durée en présence d'alcalin, on maintient une minute à l'ébullition le liquide dilué d'un volume d'acide chlorhydrique concentré (³) (près de 2^mol d'acide pyruvique pesé comme phénylhydrazone et 4^mol,2 NH^3 par molécule d'ovotyrine).

Il est remarquable que la désamination par les alcalis ait comme siège des acides aminés engagés en polypeptide et dont les groupements aminés sont bloqués : en effet, les tyrines soumises à l'action de l'acide nitreux, qui ne contiennent, par conséquent, plus de groupes aminés libres, con-

(¹) *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 306; **185**, 1927, p. 615.

(²) *Comptes rendus*, **185**, 1927, p. 616.

(³) Une ébullition d'une minute, en milieu acide, est sans action sur les tyrines, non traitées préalablement par l'alcali.

servent la propriété de dégager de l'ammoniaque. Une courte chauffe en milieu alcalin suffit, comme on voit, pour rompre le lien peptique et disloquer la chaîne.

Ces faits sont à rapprocher des observations récentes de Bergmann et de ses collaborateurs [1] qui ont établi que, lorsque la sérine participe à certaines combinaisons cycliques (dicétopipérazine, oxazoline, phénylhydantoïne), elle perd volontiers de l'eau pour donner des dérivés de l'acide α-aminoacrylique. Celui-ci, par hydrolyse, est décomposé en ammoniaque et acide pyruvique. Nous pensons de même que dans les enchaînements *acycliques* d'acides sérine-phosphoriques, le départ d'acide phosphorique, sous l'action des acides et des alcalis, s'effectue, du moins en partie, suivant le schéma

$$
\begin{array}{lll}
-\mathrm{OC} & & \\
\;\; | & & \\
\mathrm{CH.NH} & \!\!-\!\!-\; \mathrm{OC} & \\
\;\; | & \quad\;\; | & \\
\mathrm{CH^2.O.PO^3H^2} & \mathrm{CH.NH}\; - & \\
 & \quad\;\; | & \\
 & \mathrm{CH^2.O.PO^3H^2} &
\end{array}
= 2\,\mathrm{H^3PO^4} +
\begin{array}{ll}
-\mathrm{OC} & \\
\;\; | & \\
\mathrm{CH.NH} & \!\!-\; \mathrm{OC} \\
\;\; \| & \quad | \\
\mathrm{CH^2} & \mathrm{CH.NH}- \\
 & \quad \| \\
 & \mathrm{CH^2}
\end{array}
$$

En une deuxième phase de réaction, la chaîne d'acides α-aminoacryliques serait hydrolysée facilement, toujours par les acides ou les alcalis, en donnant de l'ammoniaque et de l'acide pyruvique.

Sur cette production d'acide pyruvique aux dépens des chaînes d'acides sérine-phosphoriques, on peut baser une réaction générale des tyrines.

La substance, en solution à 3-5 pour 100 dans la soude normale, est chauffée 40-60^{sec} à l'ébullition. On dilue d'un volume d'acide chlorhydrique concentré, on introduit quelques cristaux de phloroglucine et maintient à l'ébullition. Il apparaît bientôt une coloration, puis un précipité rouge virant au vert si l'on neutralise avec précaution par le carbonate de soude [2]. La présence de grandes quantités de protides étrangers empêche cette réaction qui est également négative avec la caséine et l'ovovitelline non dégradées [3].

La dislocation si aisée des polypeptides phosphorés naturels décrite dans

---

(1) *Z. f. physiol. Ch.*, **143**, 1925, p. 108; **146**, 1925, p. 247. *Liebig's Annalen*, **458**, 1927, p. 76.

(2) Th. Posternak, *Sur une nouvelle réaction de l'acide pyruvique* (*C. R. Soc. phys. de Genève*, **44**, 1927, p. 19).

(3) Nous avons obtenu, par contre, une réaction intense avec une nouvelle tyrine que l'un de nous a isolée des produits de digestion des œufs mûrs dégraissés de brochet, ce qui indique la présence de chaînes d'acide sérine-phosphorique également dans l'ichtuline de ce poisson.

cette Note est probablement en relation avec le rôle physiologique dévolu aux phosphoprotéides et mérite, à ce point de vue, d'attirer l'attention des biologistes.

BIOMÉTRIQUE. — *Sur une méthode de morphométrie des Poissons.* Note [1] de MM. **A. Magnan** et **A. Sainte-Laguë**, présentée par M. H. Vincent.

Le problème qui est à la base de toute étude de morphologie est celui qui a pour but d'obtenir une représentation fidèle et complète d'un animal. C'est pourquoi nous avons cherché un moyen applicable aux poissons comme aux autres êtres vivants, d'avoir graphiquement une telle représentation susceptible d'être imprimée et par conséquent d'être accessible à tous.

La méthode de notation d'une surface par son équation $z = f(x, y)$ s'est présentée immédiatement à notre esprit avec son corollaire classique dans le cas de surfaces empiriques; on coupe la surface par des plans parallèles $z =$ const., d'où l'on tire les courbes de niveau $f(x, y) =$ const. qui, représentées isolément ou superposées, permettent non seulement d'évoquer la forme du corps considéré, mais encore de répondre à toute question que l'on peut avoir à se poser en l'absence du corps original.

Nous avons à cet effet établi un morphomètre qui est représenté sur la figure 1. Cet appareil comprend un axe vertical AA′ dont une des faces forme crémaillère grâce à quoi on peut placer à des cotes connues et réglables à volonté un plateau horizontal P portant une feuille de papier millimétrique MNM′N′. Une barre BB′ supportant le poisson en expérience peut également grâce à un jeu de vis occuper toutes les positions utiles dans l'espace par rapport au plateau P.

La pièce essentielle du morphomètre est constituée par une simple tige métallique, cylindrique et de faible dimension transversale TT′. Pour chaque relevé d'un point de la surface du poisson, cette aiguille est placée parallèlement à MN ce que l'on obtient en la posant sur une des raies du papier millimétrique. Une des extrémités T est appuyée sur le corps du poisson; l'autre sert à marquer un point sur le papier. Les divers points résultant de cette opération, joints les uns aux autres, donnent une courbe, un morphogramme, qui se déduit de la demi-section plane de l'animal par une translation TT′ et qui est par conséquent superposable à celui-ci.

---

[1] Séance du 23 juillet 1928.

En faisant monter ou descendre le plateau P de quantités connues, on a ainsi toutes les sections planes du corps avec une précision pratiquement aussi grande qu'on le veut, car l'expérience montre que le contact de T avec la surface du poisson est très sensible, la moindre inflexion de la peau sous la poussée de la tige étant visible à l'œil.

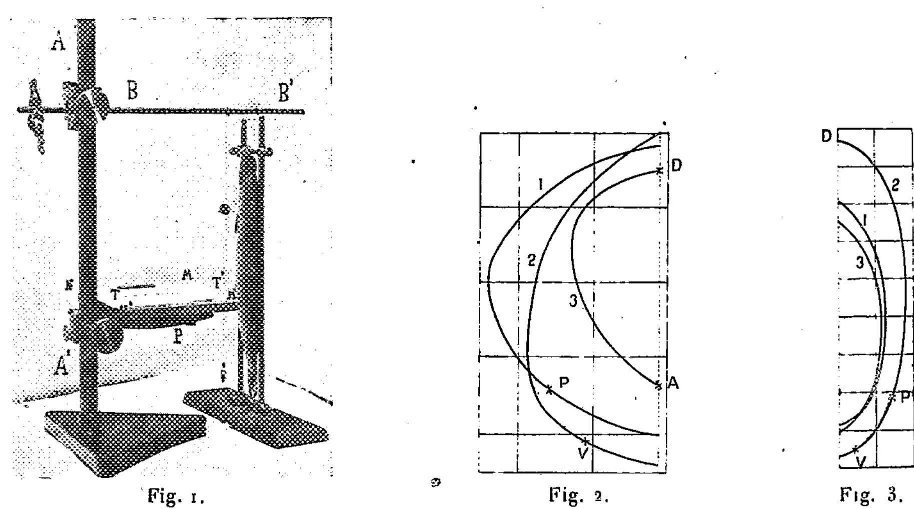


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

Fig. 2. — Morphogramme de Grande Roussette. 1, au $\frac{1}{3}$ antérieur de la carène; 2, au milieu de la carène; 3, au $\frac{1}{3}$ postérieur de la carène; × P, insertion antérieure de la pectorale; × V, insertion antérieure de la ventrale; × A, insertion antérieure de l'anale; × D', insertion postérieure de la première dorsale.

Fig. 3 — Morphogramme de Pagre vulgaire. Sections transversales. 1, au $\frac{1}{3}$ antérieur de la carène; 2, au milieu de la carène; 3, au $\frac{1}{3}$ postérieur de la carène; × P', insertion inférieure de la pectorale; × V, insertion antérieure de la ventrale; × D, insertion antérieure de la dorsale.

On voit immédiatement que cette même méthode permet de relever les 3 coordonnées, c'est-à-dire la position de tout point ou de toute ligne remarquable de la surface de l'animal : œil, ligne d'insertion des nageoires.

Les figures 2 et 3 représentent le morphogramme de 2 poissons de forme différente sur chacun desquels n'ont été portés que trois des principales sections transversales. Il est possible d'ailleurs en suspendant les mêmes poissons de façon que leur plus grande dimension soit parallèle à MM', le plan de symétrie étant toujours vertical, de relever les sections longitudinales.

Or la connaissance des morphogrammes d'un poisson quelconque permet d'obtenir par la seule utilisation du calcul toutes les constantes numériques ne dépendant que de la forme extérieure. C'est ainsi que le maître couple, c'est-à-dire la courbe lieu des points de la surface où le plan tangent est parallèle au grand axe OZ, résulte de la connaissance numérique des valeurs $z = f(x, y)$ en fonction de x et de y.

La mesure au planimètre des aires des sections planes donne aussi le volume du poisson, et les méthodes que l'on peut utiliser à cet effet sont classiques chez les marins; elle fournit de même la valeur des moments d'inertie dont la connaissance est indispensable pour l'étude de l'équilibre dynamique du poisson. Le tableau suivant montre que les chiffres ainsi obtenus sont voisins de ceux que donne la détermination expérimentale :

		Moment d'inertie par rapport à l'axe		
		vertical OX.	transversal OY.	longitudinal OZ.
Brochet	Moment calculé....	12570	12915	669
(P = 270^g, V = 280)	» mesuré...	11510	11800	571
Mulet doré	» calculé....	4383	4502	257
(P = 162^g, V = 165)	» mesuré...	3920	3920	117
Trigle corbeau	» calculé....	5026	5076	322
(P = 202^g, V = 185)	» mesuré...	4775	4760	288
Rotengle	» calculé....	2105	2273	250
(P = 141^g, V = 141)	» mesuré...	2150	2719	279

Ces mêmes mesures conduisent aussi à la connaissance de la position du centre de poussée des poissons, car le centre de gravité que l'on déduit par cette même méthode n'est autre que le centre de poussée du poisson réel. Nous avons vérifié expérimentalement que les résultats fournis par le calcul étaient exacts en déterminant le centre de poussée des poissons étudiés ainsi sur des moulages en plâtre dont le centre de gravité est ici encore le centre de poussée des poissons réels.

PATHOLOGIE. — *Étude d'un nouveau cas de mycose osseuse.* Note de MM. A. Sartory, R. Sartory, Marcel Meyer et Jacques Meyer.

Observation. — Le malade G. P., âgé de 12 ans, se présente au Service Orthopédique pour douleurs dans la région malléolaire externe droite consécutives à une chute que l'enfant aurait faite en janvier 1926. Depuis cette date le malade aurait suivi divers traitements notamment à Berck, lesquels n'auraient donné aucun résultat. La constitution et la disposition des organes internes de l'individu sont trouvées normales par nous. La région malléolaire externe droite présente une tuméfaction de 7^{cm} de longueur sur 2^{cm} de largeur qui suit le péroné. La peau est intacte, un peu violacée. La pression provoque une forte douleur. Une fistule qui s'était produite au cours de la maladie au talon gauche aurait guéri spontanément, laissant une petite cicatrice blanche sans réaction inflammatoire et sans douleur.

La radiographie nous montre :

I. Une zone de décalcification en forme de kyste de la grandeur d'une lentille dans la partie postérieure, inférieure du calcanéum droit. Cette zone de décalcification est entourée d'une enveloppe d'os condensé.

II. Un foyer semblable dans la malléole externe correspondant à la région enflée.

III. Un troisième foyer dans la ligne épiphysaire de la malléole interne.

IV. Un foyer correspondant au n° I dans le calcanéum gauche à l'emplacement de la petite cicatrice.

Toutes ces lésions ne donnent pas l'impression d'une bacillose mais plutôt d'une ostéite kystique et fibreuse.

Le 7 avril par trépanation du péroné droit, nous pratiquons l'ablation de toute la partie qui correspond au foyer décalcifié de la radiographie.

Examen morphologique du prélèvement. — L'os prélevé est très dur et résistant. Nous notons l'absence de pus et de grains caractéristiques des mycétomes. Au moyen de diverses méthodes de fixation, décalcification et coloration nous avons pu constater dans les régions les moins résistantes de l'os la présence de corpuscules mycéliens plus ou moins arrondis, hyalins à membrane épaissie et brun foncé, très durs paraissant former avec les tissus qui les entouraient une zone fortement sclérifiée; en outre de nombreux éléments sphériques éosinophiles et une exagération considérable des graisses.

Caractères culturaux. — Les cultures pratiquées au moyen d'ensemencements sur les divers milieux alcalins et acides usuels sont restées stériles; sur milieu de Raulin acide liquide et sur milieu de Sabouraud maltosé ou glucosé seulement, nous avons pu constater le développement de très petites colonies blanches (jusqu'à la grandeur d'une tête d'épingle) affectant la forme caractéristique des sclérotes observés dans des cas de Maduromycoses. Nous résumerons ainsi les caractères biologiques : pas d'évolution sur la gélose ordinaire; gélatine non liquéfiée, mais production d'un pigment brun; pas d'indol, le sérum coagulé se liquéfie, le lait est coagulé à partir du quatrième jour sans liquéfaction ultérieure du coagulum. Sur les milieux saccharosés, lactosés, développement peu marqué; sur lévulose croissance nulle; sur milieu maltosé, bon développement avec formation de sclérotes. L'examen microscopique de ces cultures nous montre des éléments cellulaires filamenteux, cloisonnés de 3^{μ} à 6^{μ} sur 10^{μ} à 16^{μ} et des éléments isolés plus épais renflés en chlamydospores terminales, rarement intercalaires et quelques éléments cellulaires en rosace de 10^{μ} à 32^{μ} de diamètre.

Inoculation. — Un cobaye inoculé par voie sous-cutanée présente une

hypertrophie palpable de la glande inguinale voisine pendant les premières trois semaines, se résorbant ensuite. Le cobaye reste en observation.

Traitement du malade. — Après trépanation un badigeonnage massif à la glycérine iodoformée a été pratiqué. La suture réalisée, on a placé un pansement plâtré qui a été enlevé après 4 semaines. L'enflure a disparu, le malade marche aisément et sans douleur; une nouvelle radiographie a été prise qui montre une guérison nette.

Conclusions. — D'après les éléments caractéristiques trouvés nous pouvons, en nous rapportant aux données de Brumpt et Langeron (¹), émettre les conclusions suivantes :

I. Affection amenant la production d'une tuméfaction au pied à la suite d'un traumatisme, tuméfaction à allure chronique et à évolution très lente avec présence d'une fistule qui s'est guérie spontanément.

II. L'examen macroscopique et microscopique des prélèvements pratiqués par trépanation, étant donnée l'absence de pus, ne nous a pas permis de constater la présence de grains; nous pouvons conclure par l'existence de filaments mycéliens de grande dimension, cloisonnés, à parois épaisses, à double contour et par la présence de corps éosinophiles, à un paramycétome rentrant selon la classification de Vuillemin (²), dans le groupe des *Hyphomycétomes* dont les grains n'ont pu être décelés, soit qu'ils fassent complètement défaut, soit que la maladie n'ait pas encore évolué jusqu'à ce stade.

III. Les caractères culturaux viennent appuyer notre diagnostic.

IV. La guérison contrôlée par l'examen radiographique et par les constatations cliniques semble prouver que certains paramycétomes sont justiciables du traitement iodé qui peut donner de bons résultats.

V. Il existe donc en Europe des mycoses osseuses (*Maduromycoses* ou *Hyphomycétomes*) décelables par des examens radiographiques et dont les symptômes cliniques, l'évolution, l'aspect général et le traitement peuvent différer de ceux qui ont été décrits jusqu'à présent et qui se rattachent principalement aux mycoses tropicales.

La séance est levée à 15^h30^m. A. Lx.

(¹) M. Langeron, *Mycétomes, Nouveau Traité de Médecine*, IV, p. 445-472 (Paris, Masson, 1925).

(²) Vuillemin, *Remarques sur les mycétomes* (*Arch. de Méd. exp.*, 28, 1919, p. 446-451).

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 6 AOUT 1928.

PRÉSIDENCE DE M. Louis MANGIN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Tanakadate**, membre de l'Académie impériale des Sciences de Tokio, qui assiste à la séance.

LITHOLOGIE. — *Les pegmatitoïdes des roches volcaniques à facies basaltique.* Note (1) de M. **A. Lacroix**.

Depuis longtemps, l'on connaît dans des gisements volcaniques allemands des roches à gros grain ou à grain moyen, à facies doléritique, de couleur plus ou moins claire, qui ont été désignées sous le nom de *nephelindolerit*. Leur localisation au milieu de laves mélanocrates néphéliniques, à facies basaltique (*ankaratrites*), sous forme de filonnets, de taches, de traînées (Schlieren), rappelle la disposition des pegmatites dans les granites, et cette comparaison n'a pas échappé aux précédents observateurs (2).

J'ai découvert (en France, à Madagascar) des cas nouveaux de telles associations, offrant d'ailleurs des particularités spéciales, mais j'en ai observé aussi d'autres (en France, en Polynésie, en Chine), non plus dans des laves à néphéline, mais dans de véritables basaltes; le phénomène présente donc un certain degré de généralité; j'ai été conduit ainsi à chercher

(1) Séance du 30 juillet 1928.

(2) Cf. H. Rosenbusch, *Mikroskopische Physiographie der Massiven Gesteine*, 1908, p. 1433. R. Beck und J. Hibsch, *Erlauter. Sect. Grosser Winterberg-Tetschen. geol. Specialkart. Königr. Sachsens.*, Leipzig, 1895.

à établir les relations des laves *conjointes* et de ce que, par anticipation, j'appelle, dès à présent, *pegmatitoïdes*, terme dont la signification est suffisamment explicite.

Il ne me paraît pas convenable, en effet, de confondre avec des dolérites, quelles qu'elles soient, ces roches qui n'ont pas d'existence propre, en dehors de leur association à une lave mélanocrate. En outre, les véritables dolérites ne diffèrent de laves moins cristallines que par leur structure, conséquence des conditions de leur consolidation. Quand, dans une entité géologique (masse intrusive, filon ou coulée) on trouve, associés et passant de l'un à l'autre, une dolérite et un basalte, par exemple, la différence de structure existant entre ces roches n'est point accompagnée par une variation de composition chimique. Ce qui caractérise au contraire les pegmatitoïdes, c'est qu'elles diffèrent toujours chimiquement, et souvent minéralogiquement, de la lave conjointe. Je vais montrer en quoi consistent ces différences et faire voir qu'elles sont systématiques.

Dans le Wei t'chang (Chine du Nord) à Hoa-mou-kéou (sources du Siramouren) se trouve une coulée de basalte à olivine, à structure porphyrique renfermant une série de veines parallèles, épaisses de 20^{cm}, en moyenne, d'une roche d'aspect très particulier; à l'œil nu, l'on y distingue des plagioclases, des baguettes d'augite et des grains de minerais, dans une pâte d'un gris noirâtre, à aspect cristallin.

L'examen microscopique met en évidence une structure singulière. De grandes lames de labrador ont cristallisé en même temps que l'augite titanifère violacée, en cristaux squelettiques (association graphique); mais une autre partie de cette même augite moule ophitiquement le même labrador. Ce pyroxène est accompagné de gros octaèdres cristallitiques de magnétite. Des intervalles intersertaux sont remplis par de longs microlites d'un feldspath non maclé (orthose), à extinctions longitudinales, souvent groupés en palmes. Ils sont moulés par un peu de verre et d'analcime et accompagnés de longues aiguilles d'apatite, de cristallites d'olivine, groupés en grand nombre à axes parallèles et implantés perpendiculairement sur des lames d'ilménite; il en résulte des assemblages en forme de peigne, dont l'ilménite constitue la monture et l'olivine les dents. Par places, l'armature enchevêtrée de labrador n'est pas continue et le remplissage microlitique domine. La consolidation de la pegmatitoïde a été postérieure à celle du basalte; les lames de son labrador sont implantées normalement ou obliquement sur la surface de contact des deux roches et renferment alors quelques gros cristaux d'olivine absents du reste de la pegmatitoïde; ils résultent d'une dissolution locale du basalte.

La comparaison de l'analyse du basalte donnée plus loin (C) et celle de sa pegmatitoïde (C_1) montre que, dans cette dernière, il y a plus d'alu-

mine, de soude, de potasse, de titane et d'acide phosphorique, *beaucoup moins de magnésie* que dans le basalte, alors que les proportions de la silice, du fer et de la chaux sont souvent peu différentes.

Si l'on calcule la composition virtuelle de ces deux roches, l'on constate que dans le basalte le déficit de silice est faible; il n'apparaît que 1,5 pour 100 de néphéline virtuelle, alors que dans la pegmatitoïde, cette proportion est de 13,8 pour 100. En même temps, la teneur en anorthite du plagioclase moyen passe de 46 à 53^{mm}. Enfin la proportion des minéraux colorés est plus faible dans la pegmatitoïde que dans le basalte.

Les paramètres magmatiques permettent de serrer la question de plus près et de faire voir que, tandis que la lave noire est un *basalte* andésinique, sa pegmatitoïde, elle, est à rapprocher des *basanites*, mais en raison de la valeur du rapport de l'orthose calculée au plagioclase (0,66), dans ma nomenclature, il faut la comparer, non à une théralite, forme grenue ou doléritique des basanites, mais à une *shonkinite monzonitique sodique*.

Des caractères minéralogiques et structuraux de même ordre caractérisent les pegmatitoïdes de Bora-Bora (1) (îles sous le Vent de l'archipel de la Société) et de Beaulieu (Bouches-du-Rhône) avec quelques particularités individuelles (2). Les analyses de M. Raoult données ci-après font voir qu'il en est de même pour les rapports de leur composition chimique avec celle du basalte conjoint, mais, tandis qu'à Bora-Bora, de même que dans le Wei t'chang, la pegmatitoïde présente un *déficit* de silice, à Beaulieu, elle possède un léger *excès* de silice, de telle sorte qu'elle serait quartzifère si elle était holocristalline; à ce point de vue spécial, la différenciation s'est donc effectuée en sens inverse dans ces deux cas.

A.	*Basalte andésinique*, Beaulieu	III'[5.3.4][2.3.2.2]
A_1.	*Pegmatitoïde*, »	II(III).5.2(3).4[3.1.(3)4.2(3)]
A_2	» »	III.'5.2(3) 4[2'.1.2'.(2)3]
A_3.	» »	II(III).'5.2.4['3.1.(2)3.3']
B.	*Basalte andésinique*, Bora-Bora	III'[5·'4.3(4)][2.3.'2.2]
B_1.	*Pegmatitoïde*, »	II(III)[5.3.3(4)][3.1'.2'.3]
B_2.	» »	II'.[5'.(2)3.3(4)][3.2.2.3']
C.	*Basalte andésinique*, Wei t'chang	III[5 3.4][2.'3.2.2']
C_1.	*Pegmatitoïde*, »	(II)III[6.2'.4][2'.1.'3.3]

(1) Il ne faut pas les confondre avec les gabbros à olivine intrusif de la même île.

(2) Leurs plagioclases sont très zonés avec grands écarts de composition et souvent cerclés d'orthose : le plagioclase moyen est moins riche en anorthite que celui du basalte à l'inverse de ce qui a lieu dans le Wei t'chang. La haute teneur de A_1 en Fe^2O^3 est due à la présence d'hématite formant le centre des lames d'ilménite.

	A.	A_1.	A_2.	A_3.	B.	B_1.	B_2.	C.	C_1.
SiO^2	45,76	50,56	50,72	51,34	43,36	44,96	45,46	45,42	46,12
A^2O^3	10,45	13,77	11,23	11,96	11,78	15,63	15,84	13,10	16,38
Fe^2O^3	3,74	7,44	5,93	4,54	5,47	6,24	5,03	4,51	3,72
FeO	6,54	3,80	6,37	6,26	6,99	6,18	7,08	7,66	6,63
MgO	13,82	3,88	5,24	2,34	14,27	3,82	2,94	9,30	3,26
CaO	10,40	8,08	9,02	8,18	9,98	9,28	7,88	10,62	10,16
Na^2O	2,45	4,10	3,55	4,26	1,41	2,84	3,65	2,82	4,67
K^2O	0,91	2,13	1,32	1,92	1,34	2,76	3,41	1,57	3,07
TiO^2	3,30	3,72	3,02	4,14	2,62	4,62	3,24	2,42	3,04
P^2O^5	0,65	0,84	0,44	0,93	0,38	0,54	0,74	0,50	0,81
H^2O (+)	2,16	1,14	1,83	2,81	1,45	1,87	3,26	0,76	1,35
» (—)	0,15	0,53	1,76	1,75	0,79	1,15	0,78	0,43	0,36
MuO	n. d.	0,13	n. d.	n. d.	0,20	0,22	0,27	0,23	0,18
	100,33	100,12	100,43	100,43	100,26 (1)	100,11	100,02 (2)	100,30 (3)	100,25 (4)
SiO^2 libre %	»	2,8	5,0	5,9	»	»	»	»	»
Né %	»	»	»	»	»	1,6	4,9	1,5	13,8
An % du plagioclase	42	26	35	18	64	50	44	46	53
Σ_b	57,1	35,8	43,4	35,0	55,7	36,4	31,8	46,9	37,1

(1) CO^2 0,22; (2) CO^2 0,27; Cl 0,11; SO^3 0,06; (3) CO^2 0,96; (4) CO^2 0,30.

Il serait facile de montrer que les conclusions qui viennent d'être exposées s'appliquent aux pegmatitoïdes d'ankaratrites, laves néphéliniques très riches en olivine et dépourvues de feldspaths, aux anciennes néphélindolérites; l'olivine notamment y est absente ou peu abondante et les associations graphiques d'augite avec la néphéline ou des feldspaths, fréquentes, mais la composition spéciale des ankaratrites entraîne en outre les particularités spéciales à leurs pegmatitoïdes.

Tandis qu'à Rougiers (Bouches-du-Rhône), la pegmatitoïde (*orthopegmatitoïde*) a la même composition minéralogique qualitative que l'ankaratrite conjointe et en constitue simplement une forme moins riche en éléments colorés, à tous égards et surtout en olivine, dans les roches des autres gisements, l'on voit apparaître, en quantité plus ou moins importante, des feldspaths qui manquent à la roche conjointe, de telle sorte que, de même que dans le Wei t'chang, les deux roches emboîtées ne font pas partie de la même famille lithologique si l'on base celle-ci sur la considération des minéraux blancs. Ces *clinopegmatitoïdes* doivent être comparées lithologiquement non à des ijolites (melteigites), mais à des théralites (ou fasinites). Notons en passant qu'en outre dans certaines d'entre elles, la teneur en potasse est plus grande que la soude, alors que l'inverse a lieu dans la roche conjointe.

Je ne donnerai pas l'analyse de ces roches; elles ont été publiées ailleurs par moi-même ou par d'autres, mais voici le tableau de leurs paramètres

magmatiques mis en regard de ceux des roches conjointes. J'appelle spécialement l'attention sur la comparaison des paramètres *q*, *r* et *k*.

Pegmatitoïdes de basaltes.

	Pegmatitoïdes. (p. q. r. s. h. k. l. m.)	Basaltes. (p. q. r. s. h. k. l. m.)
Wei t'chang....	(II)III [6 .2′ .4][2 .1 . ′3.3]	III[5 .3 .4][2.′3.2 .2]
Bora-Bora......	(II)III [5 .3 .3(4)][3 .1′. 2′.3]	III′[5 .′4 .3(4)][2.3.′2 .2]
Beaulieu.......	(II)III [′5 .2 .4][3′ .1 .(2)3.3′]	III′[5 .3 .4][2.3.2 .2]

Pegmatitoïdes d'ankaratrites.

	Pegmatitoïdes.	Ankaratrites.
Rougiers (Bouches-du-Rhône).	III [8 .2 .4][2 .2 .(2)3.2]	IV[8 .2 .4][2.3.2 .2]
Meiches........	III′[8 .1′ .4][2 .1 . 3.′3]	?
Barneire (Puy-de-Dôme).......	(II)III [6(7).3 .4][2 .2.2 .3]	(III)IV[7(8).′3 .4][(1)2.2′.2 .2]
Löbau (Saxe)....	III [7 .2(3).4][2 .1.3 .′2]	IV[7(8).′3 .4][2.2′.2 .(1)2]
Schanzberg (Bohème).......	III [6 .′3 .′4][2 .1.3 .′3]	IV[′8.(2)3 .4][1(2).3.2 .2]
Dunedin (Nouvelle-Zélande).	III [7 .2′ .4][2 .1.3 .3]	?
Barneire.......	(II)III [6 .3′ .3][2 .1′.2(3).2(3)]	(III)IV[7(8).′3 .4][(1)2.2′.2 .2]
Takarindoha (Madagascar).....	III [′6.(3)4 .3′][2(3).1 .′3 .′3]	IV[8 .2 .4][2.2.2(3).2]

A un point de vue plus général, on peut dire que les pegmatitoïdes des roches volcaniques (¹) jouent, dans l'histoire de celles-ci, un rôle comparable à celui des enclaves homœogènes. Mais, tandis que la genèse de ces enclaves constitue un phénomène d'*avant-garde* dans la différenciation des magmas qu'elle annonce, celle des pegmatitoïdes en est le terme *final*. En outre, cette différenciation s'est effectuée sous l'influence d'agents volatils concentrés, avec d'autres composés chimiques, dans le dernier résidu non consolidé du magma, ce qui a donné à celui-ci une fluidité plus grande expliquant sa

(¹) La production d'orthose et d'ægirine dans les intervalles intersertaux de certains basaltes doléritiques (Hauran, etc.) est une manifestation diffuse du même processus. On peut comparer aussi aux pegmatitoïdes les taches et les veinules leucocrates riches en micropegmatite de certaines dolérites (Vavatanina, à Madagascar), la roche appelée holyokéite se présentant sous la même forme dans une dolérite du Massachusetts, et aussi les zones très leucocrates riches en feldspaths alcalins, quartz, calcite, pyrite, etc. du kersanton de la rade de Brest, etc.

cristallinité accrue par rapport à celle de la lave conjointe, ainsi que les particularités de composition minéralogique et de structure décrites plus haut. Il est vraisemblable que, comme dans la genèse des pegmatites, l'eau a joué un rôle important dans ce phénomène et l'abondance des zéolites (notamment de la christianite) dans beaucoup de pegmatitoïdes d'ankaratrites dont les laves conjointes sont pauvres en minéraux hydratés fait penser que ces zéolites ne sont pas d'origine secondaire, mais résultent d'une dernière phase d'autopneumatolyse destructive, du genre de celle qui est si fréquente dans les pegmatites de granites et de syénites.

MICROBIOLOGIE DU SOL. — *Sur l'oxydation de la cellulose dans le sol.* Note (1) de M. S. **Winogradsky.**

Nous avons déjà eu l'occasion d'insister (2) sur le fait que le processus anaérobie de la décomposition de la cellulose ne joue qu'un rôle peu important dans le sol arable, et que ce sont principalement ses agents aérobies — champignons et bactéries — qui intéressent la Microbiologie du sol.

Nombreuses sont dans le sol les espèces bactériennes possédant cette fonction; nous en avons mentionné quelques-unes dans une Note antérieure (*loc. cit.*). Il y a là un vaste champ d'études qui sera assez long à épuiser, et où les méthodes microbiologiques, mais encore plus les méthodes chimiques, ne laisseront que trop souvent l'investigateur en défaut.

Il paraît pourtant possible de relever dès maintenant un caractère biochimique général de ces microbes, qui est leur action oxydante sur la matière cellulosique.

Rappelons que nos cultures se font sur un rond de papier à filtrer, étalé sur un silico-gel imprégné d'une solution saline contenant une dose convenable d'azote sous forme de nitrate. Ce simple dispositif présente le grand avantage de permettre de suivre pas à pas les modifications que subit la texture du papier sous l'influence du microbe.

Trois cas se présentent à l'observateur : 1° le papier prend une teinte jaune, allant de jaune pâle au jaune ocre, selon la souche bactérienne active, sans autres changements bien apparents; 2° le papier est modifié comme précédemment en prenant des teintes différentes d'un cas à l'autre,

(1) Séance du 30 juillet 1928.

(2) *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 691; 184, 1927, p. 493.

ou bien restant incolore, mais il finit par se gonfler et devenir muqueux en se désagrégeant; enfin, 3° les fibres se transforment d'emblée en une substance gélatineuse diaphane.

Examinons avec quelques détails, en qualité de représentant du premier groupe, une souche que j'appellerai *Vibrion jaune pâle*, la mieux étudiée; nous ajouterons ensuite quelques remarques sur le second groupe, qui provoque une décomposition plus avancée, et enfin sur le troisième, dont l'action aboutit à la dégradation complète des fibres.

Ce vibrion grêle s'étend sur le papier avec une rapidité prodigieuse, en lui communiquant une teinte jaune pâle, toujours diffuse. On a vu souvent un rond de 15^{cm} de diamètre jaunir entièrement au bout de 5 jours à 30°. En arrachant des flocons minuscules de fibres sur plusieurs points du rond et en les soumettant à une étude microscopique, on constate que toutes les fibres sont revêtues d'une couche de vibrions tapissant aussi leur canal intérieur.

Avec l'âge le jaunissement s'accentue légèrement, mais on ne remarque plus aucun changement. On a l'impression que l'action s'arrête à mi-chemin en présence d'une provision encore importante de fibres inchangées.

En effet, l'étude microscopique suivie des cultures nous montre que les pullulations énergiques du début ne sont guère durables : déjà, au bout d'une dizaine de jours, on trouve parmi les masses, ou lambeaux de revêtement des fibres, des groupes de vibrions qui ne prennent plus la coloration; leur nombre augmente bientôt suivi d'autolyse, de sorte qu'au bout de 3 à 4 semaines, on ne trouve dans les préparations qu'un fond à peine coloré, composé de vibrions entièrement autolysés, où l'on ne réussit à distinguer que difficilement quelques « ombres » de formes vibrioniennes.

Pour étudier l'action chimique du vibrion, on enlève le rond de la surface du gel au moyen d'un peu d'eau : il se transforme immédiatement en pulpe qui surnage et qui peut être recueillie sans perte.

Le poids initial du rond ne se retrouve plus dans celui de la pulpe bien lavée et séchée à 100°. La perte au bout de 10 à 15 jours atteint dans ces conditions 25 pour 100; au bout de 3 à 4 semaines jusqu'à 50 pour 100; c'est le maximum qui n'est plus dépassé, avec l'âge. Si au lieu de l'étaler sur le gel, on laisse baigner la feuille dans une solution saline indentique, fût-elle de quelques millimètres d'épaisseur, la perte pour délai égal n'arrive pas même à la moitié de celle des fibres tenues en contact immédiat avec l'air.

Passant à l'étude des produits de l'action du vibrion sur les fibres, il importait de rechercher dans les cultures des substances analogues à l'oxycellulose, ou mieux dire, aux différentes préparations classées comme telle, qui ont été obtenues par Witz, Nastjukoff, Faber et Tollens, Cross et Bevan et autres chimistes au moyen d'oxydants les plus violents : l'action de l'hypochlorite de chaux, du permanganate, de l'acide azotique, du brome, du persulfate d'ammoniaque, des alcalis concentrés. Sans insister

sur ces données chimiques, qui attendent encore leur mise au point définitive, il suffit de rappeler quelques-unes des réactions, dont on se sert pour rechercher ces produits d'oxydation dans les fibres du coton et du lin, et qui sont : 1° pouvoir de fixer les colorants basiques, notamment le bleu de méthylène et la safranine; 2° coloration jaune or communiquée à des alcalis dilués à la température d'ébullition; 3° solubilité accrue dans ces alcalis; 4° pouvoir réducteur.

En appliquant ces réactions à notre cas, il est nécessaire de tenir compte du fait que le papier à filtrer contient toujours des traces d'oxycellulose, à en juger surtout par son pouvoir réducteur.

Voici le résumé de nos épreuves.

1° Après un bain de 20 minutes dans une solution de bleu de méthylène à 0g,5 pour 1000 et un lavage de 24 heures, le papier jauni par le vibrion (ou la pulpe) retient une teinte indigo, tandis que le papier sain est presque décoloré, ne gardant qu'une teinte azur très claire;

2° Chauffée dans de la soude normale la pulpe produit une coloration jaune d'or plus intense et durable que la même quantité de papier;

3° Chauffée une demi-heure à 120° dans de la soude à 2,5 pour 100 la pulpe a perdu, dans une suite d'épreuves, de 20 à 26 pour 100, tandis que le papier de la même marque ne perdait que 10 pour 100, au maximum. Même l'eau sous pression agit sur les fibres oxydées en dissolvant de 6 à 10 pour 100.

4. On a souvent constaté un pouvoir réducteur chez ces fibres, mais il n'était pas sensiblement supérieur à celui du papier d'origine. Il n'est pas rare qu'il fasse complètement défaut, supprimé par l'action du vibrion; ce qui fait penser à ce que son action oxydante pourrait se porter non seulement sur les groupements alcooliques de la molécule cellulosique, mais aussi sur les groupements aldéhydiques, issus d'une première oxydation, en les transformant en groupements acides. C'est par cette transformation que la chimie de la cellulose explique, comme on le sait, le manque de pouvoir réducteur chez certaines préparations d'oxycellulose.

Ces épreuves suffisent pour démontrer le fait que les fibres cellulosiques subissent sous l'action du vibrion une oxydation analogue à celle des oxydants chimiques puissants. Dans les deux cas, le processus n'aboutit qu'à un mélange de cellulose oxydée avec un reste important de cellulose intacte. Il paraît probable que c'est ce produit oxydé, inattaquable pour le microbe, qui protège les fibres et qui prévient leur décomposition définitive.

En dehors des fibres, on retrouve de l'oxycellulose à l'état de solution colloïdale dans les liquides et extraits aqueux des cultures, qui sont toujours opalescents, laiteux, jaune par transparence, filtrant difficilement. Les acides y produisent un précipité floconneux. Ces liquides ne réduisent pas la liqueur de Fehling, mais si on les soumet à la dialyse par une courte ébullition avec un peu d'acide, ils virent au jaune orangé

à l'alcalinisation et manifestent un pouvoir réducteur notable. Il serait difficile d'interpréter ces observations autrement que par la présence d'une oxycellulose soluble ou dispersible dans l'eau, de la nature de celle qui a été préparée par Nastjukoff.

Pour compléter la caractéristique physiologique peu banale du vibrion, mentionnons l'absence d'acides gras volatils, ainsi que d'autres produits banaux du métabolisme bactérien. Sensible à la réaction du milieu, le processus ne marche bien que sous condition d'une réaction alcaline, soit au-dessus de $pH = 7,0$. Au cours de l'action, elle tend à monter, atteignant souvent 8,5 et au delà, à condition que l'azote soit offert sous forme d'azotate de potasse (ou de soude); c'est le contraire qui a lieu, si la source d'azote est physiologiquement acide, soit présentée sous forme d'un sel ammoniacal.

Passant au second groupe qui désagrège le papier avec production de mucosités, le rond est suffisamment résistant au début, pour que l'on puisse le soumettre à l'épreuve du bain colorant, sans qu'il se transforme en pulpe, et le résultat est toujours démonstratif; on ne manque jamais de noter le fait, que la surface du papier collée au gel retient la couleur plus faiblement que la surface libre, ce qui témoigne d'une rare sensibilité du processus à l'accès de l'air. La décomposition des fibres va plus loin avec ce groupe, qu'avec le premier : on a noté dans quelques expériences jusqu'à 80 pour 100 de perte. La solubilité du reliquat de la pulpe cellulosique est également plus grande, pouvant atteindre et dépasser 33 pour 100.

Les espèces du troisième groupe — les *Cytophagas* [1] — produisent sur le papier des colonies bien circonscrites, qui le transforment en gelée épaisse, colorée jaune d'œuf, orange, rose, selon l'espèce. L'action est plus lente, mais elle est complète : le rond de papier passe à l'état d'un rond de gelée colorée, qui se décolore avec le temps. La gelée est entièrement soluble dans une solution de soude à 2 pour 100. Sa nature chimique reste à élucider. Ce qu'il paraît possible d'affirmer, c'est que sa production est due également à un processus d'oxydation. En enlevant le rond ensemencé en stries avec une Cytophaga, aussitôt que les stries colorées s'y sont dessinées, en le séchant, en colorant avec le bleu de méthylène, on voit les stries emmagasiner le colorant basique au point de présenter un reflet métallique; mais on ne le voit que du « bon côté », tandis que sur le revers le dessin est absent, ou n'apparaît que bien effacé : nouvelle preuve de la pénétration lente du processus d'oxydation dans l'épaisseur de la feuille de papier.

Pour terminer, signalons le fait que les produits, saturés d'oxygène, qui résultent de l'activité de ces bactéries, sont extrêmement résistants à

---

[1] *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 493.

l'attaque de la très grande majorité des microbes du sol. Il est probable, par conséquent, qu'ils y séjournent longtemps en entrant dans la composition des colloïdes organiques de ce milieu.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le citronellol et le rhodinol.* Note [1] de MM. **V. Grignard** et **J. Dœuvre.**

Dans une précédente Note [2] nous avons établi, au moyen de notre méthode d'ozonisation quantitative, qu'il y avait lieu de modifier la formule adoptée par Ph. Barbier et Bouveault pour le citronellol, celui-ci contenant environ 80 pour 100 de la forme β (isopropylidénique) et seulement 20 pour 100 de la forme α (méthylénique). Nous avons appliqué la même méthode à l'étude du *l*-rhodinol des mêmes auteurs.

Rappelons qu'ils ont extrait ce *l*-rhodinol des essences de rose et de géranium Bourbon et qu'ils l'ont considéré comme une entité chimique différant du citronellol par la place de la double liaison, tandis que Tiemann et Schmidt n'y voulaient voir autre chose que l'inverse optique du *d*-citronellol.

Nous sommes partis d'une essence de géranium Bourbon provenant de la maison Henri Arnoux, à Saint-Denis (Ile de la Réunion). La méthode de formylation de Glichitch [3] a donné : alcools libres 51,9 pour 100; combinés 15,9 pour 100. La distillation de cette essence permet d'isoler une importante fraction, 116-122° sous 18^{mm}, qui est le soi-disant mélange géraniol-rhodinol. Par la méthode de formylation à chaud [4] qui détruit le géraniol on trouve qu'il y a sensiblement 50 pour 100 d'alcool terpénique stable, disons de rhodinol.

Avant d'étudier ce mélange par l'ozone, nous avons dû examiner ce que donnait isolément le géraniol. En partant de géraniol bien rectifié de l'essence de citronelle, nous avons trouvé :

Formol + acide formique.................	51 pour 100
Acétone.................................	92 »

Cette anomalie s'explique en considérant la formule du géraniol

$$CH^3-\overset{\overset{\large CH^3}{|}}{C}=CH-CH^2-CH^2-\overset{\overset{\large CH^3}{|}}{C}=CH-CH^2OH.$$

---

(1) Séance du 17 juillet 1928.

(2) *Comptes rendus*, **187**, 1928, p. 270.

(3) *Bull. Soc. chim.*, **33**, 1923, p. 1284.

(4) Gildemeister et Hoffmann, *Les huiles essentielles*, trad. fr., Baillière, Paris, 1912, p. 625; Pfau, *J. f. pr. Ch.*, **102**, 1921, p. 276.

L'ozonisation donne, entre autres produits, de l'aldéhyde glycolique qui se trouve partiellement, sans doute, à l'état de peroxyde $\begin{matrix}O\\|\\O\end{matrix}\!\!>CH - CH^2OH$, et celui-ci s'hydrolyse vraisemblablement en donnant formaldéhyde et acide formique

$$\begin{matrix}O\\|\\O\end{matrix}\!\!>CH - CH^2OH + H^2O = HCOOH + CH^2\!\!<\!\!\begin{matrix}OH\\OH\end{matrix},$$

réaction analogue à celle observée dans l'ozonisation de l'oxyde de mésityle (¹).

Il n'est pas invraisemblable d'ailleurs que le géraniol puisse contenir différents isomères résultant des différentes positions possibles de la double liaison autour du carbone 6. En particulier, celle qui posséderait, en 6, le groupement $CH^2=$, signalée par Verley (²), donnerait directement CH^2O. Enfin, il ne faut pas oublier que le géraniol contient certainement un mélange des deux formes α et β, comme l'ont montré Grignard et Escourrou après avoir transformé le géraniol en citronellol par hydrogénation sélective (³).

L'ozonisation du mélange géraniol-rhodinol ne pourra donc nous fournir, analytiquement, que la proportion de forme β. La fraction 116-122°, sous 18^{mm}, séparée plus haut, nous a donné :

Formol + acide formique	32 pour 100
Acétone	80 »

Nous avons alors préparé le rhodinol par les deux méthodes respectivement utilisées par les auteurs français et allemands. Barbier et Bouveault ont chauffé avec le chlorure de benzoyle, vers 150°, pour détruire le géraniol. Après traitement et rectification, on saponifie le benzoate de rhodinyle.

En opérant de cette manière, nous avons isolé un *l*-rhodinol, d'odeur agréable, rosée, légèrement différente de celle du citronellol, bouillant à 118-119°,5, sous 18^{mm}, et présentant les constantes suivantes :

$D^4_{15} = 0,860$; $n_D^{15} = 1,4574$; Rm observée, 49,49; calculée, 49,43.

Pouvoir rotatoire pour 1^{dm}, $\alpha_D^{17} = 1°52'$; indice de Br, 103 pour 100, ce qui semble indiquer qu'il peut rester une trace de géraniol (⁴);

(¹) HARRIES et TURK, *Lieb. Ann.*, 374, 1910, p 338. Voir aussi FONROBERT, *Das Ozon*, 1916, p. 182.

(²) *Ch. et Ind.*, 19, 1928, p. 111.

(³) *Bull. Soc. chim.*, 37, 1925, p. 546.

(⁴) Ceci est d'accord avec les indications de Flatau et Labbé (*Bull. Soc. chim.*, 19, 1898, p. 633), qui, d'ailleurs, n'ont apporté aucune preuve.

Allophanate, F. = 105-106° (corr.), par recristallisation dans la ligroïne légère additionnée d'une trace d'alcool (¹).

Ce point de fusion est le même que celui des allophanates de *d*-citronellol de l'essence de citronelle ou de réduction du citronellol. Le mélange ne produit aucun abaissement de la température de fusion.

L'ozonisation quantitative de ce rhodinol a donné :

	Trouvé pour 100.			
	I.		II.	
Formol	15	$\alpha = 45$	15,7	$\alpha = 45,7$
Acide formique	30		30	
Acétone	53	$\beta = 53$	52	$\beta = 52$

Un nouveau traitement au chlorure de benzoyle n'a pas produit de changement appréciable (trouvé : $\alpha = 45$ pour 100; $\beta = 54$ pour 100).

D'autre part, Tiemann et Schmidt ont préparé le rhodinol en traitant le mélange géraniol-rhodinol par l'anhydride phtalique, vers 150°; le géraniol est encore détruit, tandis que le rhodinol passe à l'état de phtalate acide.

Le rhodinol que nous avons préparé par cette méthode bouillait à 117°-118°,5, sous 17^{mm}, et possédait les constantes suivantes :

$D_{15}^{4} = 0,864$; $n_D^{15,5} = 1,4601$. Indice de brome = 102 pour 100.

L'ozonisation quantitative a donné :

	Pour 100.	Pour 100.
Formol	7	Forme $\alpha = 25$
Acide formique	18	
Acétone	71	Forme $\beta = 71$

Ainsi donc, ces deux rhodinols, dont les constantes physiques sont très sensiblement celles des citronellols, ne diffèrent entre eux que par la proportion des deux formes α et β. Dans le rhodinol de Tiemann et Schmidt, la forme α n'est guère plus abondante que dans le citronellol lui-même, tandis que dans le rhodinol de Barbier et Bouveault, elle atteint presque la moitié du mélange.

Ceci nous conduit immédiatement à penser que le produit initial est simplement le citronellol et que le traitement qu'on lui fait subir pour détruire le géraniol est précisément la cause de l'isomérisation.

(¹) Grandière (*Thèse Pharm.*, Paris, 1923, p. 68) a indiqué 110°,5-111°,5 pour l'allophanate d'un rhodinol légèrement différent du nôtre et dont il n'a pas indiqué la provenance. Grignard et Escourrou ont trouvé des points de fusion entre 111° et 113° pour les citronellols obtenus par hydrogénation sélective du géraniol (*loc. cit.*).

S'il en est ainsi, il est normal que le traitement au chlorure de benzoyle, par l'acide chlorhydrique qu'il engendre, ait une action plus grande sur cette transformation.

Pour en faire la preuve, nous avons isolé le *d*-citronellol de l'essence de citronelle de Java : Éb. 119-121°, sous 20mm. $D_{17}^{4} = 0,856$; $n_D^{17} = 1,4617$.

Pouvoir rotatoire pour 1dm : $\alpha_D^{16} = + 2°14'$.

Indice de brome 109 pour 100; il contient donc un peu de géraniol qui, d'après ce que nous avons vu, doit relever un peu le dosage de la forme α. On trouve, en effet, par ozonisation :

	Pour 100.	Pour 100.
Formol	6	$\alpha = 24$
Acide formique	18	
Acétone	80	$\beta = 80$

Nous avons traité ce citronellol par le chlorure de benzoyle comme dans la préparation du rhodinol. Le nouveau produit présente les constantes suivantes :

Éb. 118-119° sous 18mm. $D_{15}^{4} = 0,860$; $n_D^{15} = 1,4572$.

Pour 1dm, $\alpha_D^{15} = 2°18'$. Indice de brome, 96 pour 100 (contact 40 min.).

Allophanate F. = 104°,5-105°,5.

Ozonisation quatitative :

	Pour 100.	Pour 100.
Formol	15	$\alpha = 39$
Acide formique	24	
Acétone		$\beta = 59$

Si dans le même citronellol on fait passer un courant de gaz chlorhydrique sec, en chauffant progressivement, jusqu'à 150°, pendant 2 heures (au lieu de 8 heures avec C^6H^5COCl) on obtient un produit qui diffère très peu du précédent ($D_{15}^{4} = 0,863$; $n_D^{17} = 1,4577$) et qui donne à l'ozonisation :

	Pour 100.	Pour 100.
Formol	14	$\alpha = 42$
Acide formique	28	
Acétone		$\beta = 54$

On voit que l'acide chlorhydrique réalise la même isomérisation, mais plus rapidement, et l'on peut penser qu'il y a un équilibre correspondant à l'égalité des deux formes.

Après ces résultats, nous sommes, pensons-nous, en mesure d'affirmer que *le rhodinol de Barbier et Bouveault n'existe pas comme entité chimique*

dans les essences naturelles. Celles-ci contiennent le produit dénommé citronellol qui est, en réalité, un mélange de deux isomères différant par la place de la double liaison. La forme la plus abondante est la forme β(octène-2) qui représente environ 80 pour 100 du mélange et c'est à celle-ci qu'il convient de donner le nom de « forme citronellique ». Mais sous certaines influences acides, la forme β s'isomérise partiellement en forme α (octène-1) dont la proportion peut passer ainsi de 20 pour 100 environ, au voisinage de 50 pour 100. C'est ce qui s'est produit dans le rhodinol de Barbier et Bouveault et il est logique, pour conserver la terminologie actuelle, de donner le nom de « forme rhodinique » à la forme α. Mais il y a lieu, comme on le voit, d'intervertir les formules adoptées jusqu'à présent.

CORRESPONDANCE.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur une classe de surfaces minima plongées dans un espace à quatre dimensions à courbure constante.* Note [1] de M. **O. Borůvka.**

1. On a déjà étudié à plusieurs reprises [2] des surfaces minima réelles, plongées dans l'espace euclidien à quatre dimensions, qui jouissent de la propriété que l'indicatrice de la courbure, en chaque point, soit une circonférence et l'on a obtenu à ce sujet des résultats intéressants ; en particulier, on sait que pour qu'une surface réelle plongée dans l'espace euclidien à quatre dimensions puisse être définie par une équation de la forme $u+iv=f(x+iy)$, f étant une fonction analytique, il faut et il suffit [3] qu'elle jouisse des propriétés indiquées. Cependant, la question de la construction géométrique de telles surfaces ainsi que la question de la recherche

---

(1) Séance du 27 juillet 1928.

(2) S. Kwietniewski, *Ueber Flächen, des vierdimensionalen Raumes, deren sämtliche Tangentialebenen untereinander gleichwinklig sind, und ihre Beziehung zu den ebenen Kurven* (*Diss. Zürich*, Speidel, 1902). — K. Kommerell, *Riemannsche Flächen in ebenen Raum v. vier Dimensionen* (*Math. Annalen*, 60, 1905, p. 548). — L. P. Eisenhart, *Minimal surfaces in euclidean four space* (*Amer. Journ. of Math.*, 34, 1912, p. 215).

(3) L. P. Eisenhart, *loc. cit.*

et des propriétés essentielles des surfaces, jouissant des mêmes propriétés métriques, mais plongées dans un espace non euclidien, n'ont pas été étudiées jusqu'ici.

2. *Les surfaces minima, plongées dans un espace à quatre dimensions à courbure constante c, dont l'indicatrice de la courbure, en chaque point, est une circonférence, existent, quelle que soit la valeur de la courbure de l'espace ambiant; elles dépendent, en général, de deux fonctions arbitraires d'un argument.*

3. *Dans le cas de l'espace euclidien* ($c = 0$), projectivement, *ces surfaces sont engendrées par des points d'intersection de deux cônes de la deuxième espèce* ([1]), *dont les axes ne se coupent pas.* Évidemment, une surface ainsi engendrée contient deux familles de courbes planes, situées dans les plans des deux cônes; *les plans tangents à la surface le long d'une courbe plane quelconque d'une famille passent par un point fixe, qui est situé sur l'axe du cône, dont les plans contiennent les courbes de l'autre famille.* La métrique, qui attribue, aux surfaces ainsi engendrées, les propriétés indiquées plus haut, est déterminée par une quadrique contenant les axes des deux cônes. Le calcul montre, en particulier, que, dans l'espace euclidien à quatre dimensions, il n'existe pas de surfaces minima dont l'indicatrice de la courbure soit une circonférence *de rayon constant.*

4. *Dans le cas d'un espace non euclidien* ($c \pm 0$), du point de vue projectif, *les surfaces considérées sont engendrées par des points d'intersection des couples de plans osculateurs de deux courbes situées sur une quadrique non dégénérée et telles que leurs tangentes sont elles-mêmes sur la même quadrique.* Cette quadrique, prise comme l'absolu, détermine la métrique en question.

5. Un cas particulièrement intéressant se présente, lorsqu'on se demande s'il existe, dans l'espace projectif à quatre dimensions, parmi les surfaces, qui sont engendrées par des points d'intersection des couples de plans osculateurs de deux courbes situées sur une quadrique non dégénérée et telles que leurs tangentes sont elles-mêmes sur la même quadrique, des surfaces, qui jouissent de la propriété *d'être coupées par les plans osculateurs d'une des deux courbes considérées des coniques suivantes.* On trouve qu'*il existe une surface et une seule jouissant de cette propriété et que c'est la projection (prise d'un point général, c'est-à-dire non situé sur l'hypersurface des coniques dégé-*

([1]) Un cône de la deuxième espèce est la totalité de ∞^1 plans passant par une droite fixe.

nérées) de la surface de Véronèse; les deux courbes, dont les plans osculateurs l'engendrent, se confondent dans une courbe rationnelle normale du quatrième degré qui, à son tour, est située sur la surface. On arrive ainsi à une construction nouvelle de la projection de la surface de Véronèse et une considération simple montre que *cette construction n'est possible que d'une seule manière;* c'est-à-dire, il n'existe, sur la surface considérée, qu'une courbe rationnelle normale du quatrième degré dont les plans osculateurs l'engendrent. En reprenant le point de vue métrique, la surface en question est susceptible d'une définition métrique dans un espace non euclidien et précisément, elle appartient aux surfaces minima, dont l'indicatrice en chaque point est une circonférence; *parmi de telles surfaces elle est caractérisée par la propriété que le rayon de l'indicatrice est le même en chaque point de la surface.* Mais il existe une relation entre le rayon de l'indicatrice et la courbure de l'espace; en particulier, *pour que le rayon de l'indicatrice soit réel, il faut et il suffit que l'espace ambiant soit à courbe positive.* Quant au rôle que joue la quadrique absolue par rapport à la surface considérée, cette surface étant engendrée par des points d'intersection des couples de plans osculateurs d'une courbe rationnelle normale du quatrième degré, située sur la surface, et d'une seule, il existe une quadrique (non dégénérée) et une seule qui contient cette courbe et ses tangentes. *C'est précisément la quadrique qui attribue à la surface la métrique en question.* On peut encore définir cette quadrique comme *la projection de la première polaire de l'hypersurface des coniques dégénérées associée au centre de la projection.*

La méthode qui m'a permis d'obtenir ces résultats est la méthode du repère mobile, sous la forme employée par M. E. Cartan.

ASTRONOMIE. — *Étude photométrique de la lumière cendrée de la Lune.* Note de M. **A. Danjon**, transmise par M. A. Cotton.

La mesure photométrique de la lumière cendrée présente des difficultés considérables. *A priori*, on pourrait croire que la méthode la plus correcte consisterait à mesurer la brillance d'une petite plage bien uniforme du sol lunaire, dans la lumière cendrée à divers âges, puis dans la pleine Lune. On aurait ainsi le rapport des éclairements donnés à la surface de la Lune par la Terre sous divers angles de phase, et par le Soleil. Mais en pratique, plusieurs causes d'erreurs rendent l'application de cette méthode fort délicate. La plus grave réside dans la lumière du croissant lunaire, diffusée par

l'atmosphère et ses particules, par l'optique du photomètre, et éventuellement par la plaque photographique. Dans les conditions habituelles, on observe la lumière cendrée à travers un ciel sensiblement plus lumineux qu'elle-même. Aussi les mesures de brillance n'ont-elles donné, soit visuellement (Very) (1), soit photographiquement (King) (2), que des résultats fort incertains et tout à fait insuffisants pour faire ressortir la variation de l'éclairement de la Lune avec la phase de la Terre.

La méthode d'Arago (3) fournit de bien meilleurs résultats. Elle consiste à comparer avec un *photomètre à double image* les brillances moyennes de la Lune éclairée par le Soleil et de la lumière cendrée. On objectera que ces plages sont loin d'être uniformes, et c'est là ce qui limite en effet la précision des mesures; mais on s'arrange pour comparer entre elles des régions claires à l'exclusion des mers, et l'on tient compte empiriquement de l'inégale répartition des éclairements à la surface du globe lunaire. Du reste, cet inconvénient est peu de chose, devant l'avantage considérable qui résulte de l'élimination de la lumière diffusée. En effet, lorsqu'on a réalisé l'égalité des deux images, le même voile lumineux est superposé à chacune d'elles, de sorte que, si l'on pouvait l'éteindre, ou si un léger brouillard venait le renforcer, l'égalité ne serait pas détruite. Arago avait fait usage de l'appareil polarisant qui a reçu depuis le nom de photomètre de Pickering; mais comme il s'agit de mesurer des rapports de lumière supérieurs à 10000, j'ai trouvé avantage à employer le photomètre à œil-de-chat dont j'ai donné la description (4). Malgré le défaut d'uniformité des plages, la dispersion moyenne des mesures que j'ai obtenues depuis 1926 ne dépasse pas $0^m,15$ et la loi de phase de la Terre apparaît nettement, pour la première fois.

La discussion des mesures, qui sera faite dans un autre Recueil, a exigé une étude nouvelle de la magnitude de la Lune, la table de Russell (5) présentant certaines anomalies.

Voici les principaux résultats de ce travail :

1° Si elles existent, les variations de la lumière cendrée avec l'angle horaire et la déclinaison de la Lune, la situation météorologique, etc., sont faibles et non séparables des erreurs de mesure. Il n'y a pas de différence systématique entre la lumière cendrée du matin et celle du soir.

(1) Very, *Astronomische Nachrichten*, 196, 1913, p. 269.
(2) King, *Harvard Circular*, n° 267, 1924.
(3) Arago, *Astronomie populaire*, vol. III, p. 477.
(4) *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 1524.
(5) Russell, *Astrophysical Journal*, 43, 1916, p. 114.

2° Pour des angles de phase a de la Terre, comptés en degrés, et compris entre 20° et 130°, la magnitude visuelle de la lumière cendrée a pour expression dans le système de Russell (*loc. cit.*)

$$\mu = -2^m,57 + 0^m,0221\,a.$$

3° La magnitude visuelle de la Terre, à la distance 1, a pour expression

$$M = -3^m,79 + 0^m,0221\,a.$$

4° L'albedo visuel de la Terre est égal à 0,29 (au sens de Bond). Russell [1] avait déduit des mesures de Very la valeur beaucoup plus élevée 0,45.

5° L'indice de couleur de la Terre a pu être déduit de la comparaison de mesures visuelles faites à travers des écrans sélectifs. L'extrême incertitude des mesures photographiques de la lumière cendrée rend cette méthode préférable à la méthode directe; elle a en outre l'avantage de n'utiliser que des observations contemporaines et obtenues suivant un mode opératoire unique. J'ai obtenu

$$i = +0^m,07.$$

La Terre est donc beaucoup plus blanche que toutes les autres planètes (Vénus, $i = +0^m,8$). Son albedo photographique atteint 0,56.

OPTIQUE CRISTALLINE. — *Étude de l'influence de la température sur l'absorption d'un échantillon de tourmaline.* Note de M. **Pierre Leroux**, transmise par M. A. Cotton.

L'appareil utilisé (cellule photo-électrique associée à un électromètre à quadrants) a été déjà décrit [2], mais le support portant le cristal a été modifié de façon à pouvoir être enfermé dans un thermostat que l'on peut chauffer électriquement [3]. L'étude a porté sur deux petites lames de tourmaline bleues très pures, taillées aussi près que possible l'une de l'autre dans le même cristal, l'une perpendiculairement à l'axe, l'autre parallèlement à l'axe.

On a fait les mesures sur les coefficients d'absorption apparents, c'est-à-

(1) Russell, *Astrophysical Journal*, 43, 1916, p. 180.
(2) *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 1456; *Journal de Physique*, 9, 1928, p. 142.
(3) La description complète sera donnée dans un Mémoire détaillé.

dire sans tenir compte du pouvoir réflecteur. Comme je l'ai expliqué dans le travail cité, le pouvoir réflecteur varie peu [1] et les conclusions établies pour les coefficients apparents sont valables à peu de chose près pour les valeurs vraies.

Les coefficients d'absorption mesurés ont été :

Pour la lame perpendiculaire [2],

$$K_0 = \frac{2,302}{l} \log \frac{t}{t_0},$$

K_0 est le coefficient d'absorption ordinaire, correspondant à un vecteur lumineux perpendiculaire à l'axe optique et une direction de propagation parallèle à l'axe; l est l'épaisseur de la lame.

Pour la lame parallèle [3],

$$K_0 = \frac{2,302}{l'} \log \left(\frac{t}{t_0}\right)_{\text{max.}}, \qquad K_e = \frac{2,302}{l'} \log \left(\frac{t}{t_0}\right)_{\text{min.}},$$

K_0 est le coefficient d'absorption ordinaire correspondant à un vecteur lumineux perpendiculaire à l'axe optique et une direction de propagation également perpendiculaire à l'axe; K_e est le coefficient d'absorption extraordinaire correspondant à un vecteur lumineux parallèle à l'axe et une direction de propagation perpendiculaire à l'axe; l' est l'épaisseur de la lame.

Ces coefficients ont été mesurés pour les diverses raies de l'arc au mercure, depuis 5790 Å jusqu'à 3655 Å compris et pour les températures comprises entre la température ordinaire et 250°. *On trouve dans tous les cas que la variation des coefficients d'absorption en fonction de la température est linéaire et réversible.* Voici les valeurs de K_0 et K_e et les coefficients angulaires mesurés sur les droites obtenues [4] :

---

(1) La mesure des indices de réfraction a été faite à la température de 18° environ, à deux unités près de la quatrième décimale, avant chauffage et après plusieurs chauffages à 658°, *aucune variation n'a été remarquée*.

(2) Les valeurs sont les mêmes en lumière naturelle et en lumière polarisée.

(3) En lumière polarisée seulement.

(4) Les valeurs trouvées pour $\log \frac{t}{t_0}$ sont un peu différentes de celles données dans le travail déjà cité; ce fait est dû à ce que les lames avaient été primitivement chauffées d'une façon indéterminée; ce sont ces irrégularités qui ont attiré mon attention et m'ont conduit à entreprendre ce travail.

Tourmaline perpendiculaire.

Longueur d'onde en Å.	K_0 à 0°.	K_0 à 250°.	Coefficient angulaire.
3655	17,58	24,50	0,0277
4046	13,78	16,60	0,0113
4358	14,60	15,18	0,0023
4916	13,65	13,40	—0,0010
5460	16,20	15,55	—0,0026
5769-5790	17,60	16,10	—0,0060

Tourmaline parallèle.

Longueur d'onde en Å.	K_0 à 0°.	K_0 à 250°.	Coefficient angulaire.	K_e à 0°.	K_e à 250°.	Coefficient angulaire.
3655	26,95	29,80	0,0114	7,72	10,60	—0,0115
4046	25,58	26,20	0,0025	5,90	6,60	0,0028
4358	24,80	23,80	—0,0040	4,90	4,90	0,0000
4916	17,60	16,62	—0,0039	3,65	3,30	—0,0014
5460	17,60	16,40	—0,0048	3,80	3,25	—0,0022
5769-5790	19,70	17,30	—0,0096	5,00	4,40	—0,0024

On voit que, dans chaque cas, le coefficient angulaire diminue à mesure que la longueur d'onde augmente et qu'il devient négatif à partir d'une certaine longueur d'onde. La comparaison des trois tableanx montre que le coefficient angulaire, ainsi que la longueur d'onde qui donne un coefficient angulaire nul, dépendent de la direction de vibration du vecteur lumineux et de la direction de propagation de la lumière. Ajoutons que les conclusions données dans le travail cité et qui avaient été établies à 18° environ, sont valables pour tout l'intervalle de température considéré.

Les lames cristallines ont ensuite été portées à des températures plus élevées; on constate que lorsqu'on dépasse une certaine température (¹) le phénomène cesse d'être réversible et il s'établit un état correspondant à la température de chauffage. Les expériences ont été poussées jusqu'à 658°. On constate après refroidissement que l'absorption est devenue d'autant plus faible que la température de chauffage était plus élevée. Les mesures refaites sur les lames après plusieurs chauffages à 658° (²) conduisent encore à des droites qui montrent que les conclusions données ci-dessus sont

(¹) Elle ne peut être déterminée très exactement, elle est comprise entre 250° qui donne la réversibilité et 327° ou l'irréversibilité devient très nette.

(²) Un nouveau chauffage à 658° ne change plus rien.

encore valables; le coefficient angulaire correspondant à chaque longueur d'onde a seulement un peu diminué en valeur absolue, la longueur d'onde qui correspond à un coefficient angulaire nul ne semble pas avoir changé ([1]).

RADIOACTIVITÉ. — *Sur la condensation de la vapeur d'eau sur les atomes chargés d'actinium* A. Note de M. **Minesaburo Akiyama**, transmise par M. M. de Broglie.

Nous avons autrefois rendu visible le mode de désintégration rapide de l'actinium A au moyen de la méthode de C. T. R. Wilson ([2]), et à cette occasion, j'ai observé que, contrairement à mes prévisions, les trajectoires des rayons α émis par l'atome d'actinon et d'actinium A avaient quelquefois leurs origines bien séparées, tout en restant étroites.

Au cours de telles expériences, j'ai trouvé, en employant deux appareils photographiques inclinés à 45° de part et d'autre de l'axe de la chambre de détente que certains atomes d'actinium A, provenant de la désintégration d'atomes d'actinon, ne s'alourdissaient pas jusqu'à l'immobilité bien qu'ils fussent produits dans une atmosphère sursaturée d'eau, mais restaient mobiles et se dirigeaient dans le sens du champ électrique appliqué.

Les conditions expérimentales rendaient les trajectoires visibles sous une pression d'environ 530^{mm} de mercure en les éclairant par des lampes à incandescence; l'intervalle écoulé entre la détente et la photographie était réglé de telle façon que l'ensemble des phénomènes produits dans la chambre d'expansion soit enregistré.

Presque toutes les trajectoires nettes se présentaient par paires; j'en ai ainsi compté 74, sur lesquelles 57 avaient leur origine au même point, les autres paires étant constituées par des trajectoires issues de points nettement séparés. Il était possible de déceler une distance verticale de $0^{cm},026$ entre les têtes, ce qui correspond à une vie de 0,00047 seconde pour l'atome d'actinium A, si la mobilité des atomes de recul est estimée à $1^{cm},56$ par seconde pour un champ de 1 volt par centimètre.

([1]) La concordance est parfaite sauf dans le cas des valeurs de K_0 mesurées avec la lame parallèle, où l'incertitude sur la longueur d'onde donnant le coefficient angulaire nul est de l'ordre de 25 Å.

([2]) S. Kinoshita, H. Ikeuti, M. Akiyama, *Jap. J. Phys.*, **1**, 1922, p. 14.

En faisant varier le rapport de détente de 1,36 à 1,42, les phénomènes observés ne changeaient pas.

Si l'on admet : 1° que presque toutes les trajectoires étroites sont formées après la détente; 2° que 18 pour 100 des atomes d'actinium A sont neutres à la fin de leur recul, et 3° que les atomes chargés ne deviennent pas des noyaux de condensation, on peut calculer le rapport du nombre d'atomes chargés qui sont déplacés dans un intervalle τ_2-τ_1, mesuré à partir de l'instant de leur production, au nombre total d'atomes d'actinium A chargés au moyen de l'expression $e^{-\lambda\tau_1} - e^{-\lambda\tau_2}$ dans laquelle λ est la constante radioactive de l'actinium A.

En prenant :

$$\lambda = 3{,}6.10^{-2} \text{ seconde}, \qquad \tau_1 = 0{,}00047 \text{ seconde}, \qquad \tau_2 = 0{,}0032 \text{ seconde},$$

le rapport en question prend la valeur 0,48, tandis que sa valeur expérimentale est 0,28. Cela semble montrer qu'environ 50 pour 100 des atomes de recul chargés ne sont pas utilisés comme noyaux de condensation. En même temps, il apparaît que le nombre des atomes d'actinium A déplacés et leurs vies déduites des écarts verticaux sont approximativement en accord avec les données radioactives.

D'autres expériences de l'auteur (¹), poursuivies avec de l'hydrogène, ont conduit à des résultats analogues.

Le résultat obtenu peut s'expliquer de deux manières, soit en admettant que les atomes de recul chargés ne peuvent peut-être pas devenir des noyaux de condensation comme les ions positifs, soit en admettant qu'ils exigent pour cela un degré de sursaturation plus élevé que les ions positifs; il n'y aurait pas, en ce dernier cas, de contradiction entre nos résultats et ceux de Dee (²) qui n'a pas observé les mêmes faits en utilisant des photographies prises par un temps très court après la détente.

(¹) M. Akiyama, *Jap. J. Phys.*, 2. 1924, p. 287.

(²) Dee, *Proceed. Roy. Soc.*, 116, 1927, p. 664.

ÉLECTROCHIMIE. — *Recherches sur l'oxydation électrolytique des substances organiques*. Note [1] de MM. C. **Marie** et G. **Lejeune**, présentée par M. G. Urbain.

L'expérience montre combien il est difficile, dans l'oxydation électrolytique des substances organiques, de limiter la réaction. Celle-ci se poursuit le plus souvent jusqu'à la destruction totale. Dans ce travail, en étudiant l'influence de la nature de l'anode et du potentiel anodique, nous avons cherché si l'on pouvait éviter cette destruction. Pour cela, nous nous sommes efforcés de préciser la notion de dépolarisation anodique mise en évidence antérieurement [2], en étudiant les courbes d'électrolyse comme si l'on se proposait de déterminer les tensions de décomposition mais en ajoutant aux solutions étudiées (acides ou alcalines) des quantités variables de substances organiques oxydables et plus particulièrement des alcools.

La présence d'un tel dépolarisant a pour effet d'abaisser le potentiel de $1^v,7$ environ qui est nécessaire pour obtenir l'électrolyse dans des solutions pures d'acide ou de base. Cet abaissement est variable pour un même dépolarisant suivant la nature de l'anode, ainsi que l'indiquent les résultats donnés ci-après pour quelques métaux.

Nickel. — En milieu alcalin (NaOH) quelle que soit la teneur en alcool, on n'obtient qu'une très faible dépolarisation ($0^v,15$ environ), l'électrolyse franche commence vers $1^v,5$.

Or. — En milieu acide (SO^4H^2) on obtient le même résultat. Par contre en milieu alcalin, pour une teneur suffisante en alcool, on constate que l'électrolyse commence vers $1^v,1$. Si l'on augmente la tension aux bornes, l'intensité augmente tout d'abord mais brusquement, au bout de peu de temps, l'intensité décroît jusqu'à s'annuler pendant que le voltage s'élève rapidement. L'électrolyse reprend ensuite pour un voltage de $1^v,6$ comme en milieu acide.

Platine. — En milieu alcalin, quelle que soit la teneur en alcool, l'électrolyse franche se produit à partir de $0^v,7$ environ mais comme pour l'or, ce régime est instable. Au bout d'un instant l'intensité baisse, le potentiel remonte et l'électrolyse ne reprend plus que vers $1^v,6$. En milieu acide, le phénomène observé est identique mais lorsque le régime initial cesse, l'élec-

(1) Séance du 17 juillet 1928.

(2) Dony-Henault, *Z. Elektrochem.*, 6, 1900, p. 533.

trolyse reprend pour un voltage de $1^v,1$. Cette deuxième courbe est analogue à celle observée en régime instable avec l'anode d'or. Si la teneur en alcool est suffisamment petite, ce régime devient instable et l'électrolyse ne reprend que pour un potentiel voisin de $1^v,6$.

On voit que les phénomènes observés peuvent se ramener à trois cas distincts :

1° L'électrolyse franche se produit pour un voltage inférieur à $1^v,7$ mais très voisin. Cette faible dépolarisation correspond probablement à une diminution de la surtension anodique nécessaire pour obtenir le dégagement d'oxygène;

2° L'électrolyse débute à un potentiel voisin de $1^v,1$; on peut admettre qu'il y a dans ce cas réaction entre l'alcool et les ions OH^- dont on sait que c'est le potentiel de décharge;

3° Avec le platine, l'électrolyse commence vers $0^v,7$. Nous avons pu montrer qu'à ce potentiel le platine est oxydé [1] et que cet oxyde peut être réduit rapidement par l'alcool et non par les aldéhydes. Il y a formation primaire d'un oxyde instable et l'électrolyse ne peut se produire que s'il existe dans la solution une substance capable de le réduire rapidement.

En résumé, nous avons pu mettre en évidence d'une part différents mécanismes de réaction se produisant à la surface de l'électrode et nous avons pu montrer d'autre part jusqu'à quel point on peut espérer limiter l'oxydation de l'alcool et obtenir de l'aldéhyde. Dans ce cas, il ne suffit pas d'effectuer l'oxydation avec une faible tension anodique, il faut s'efforcer de maintenir le régime initial qui est instable. On peut y parvenir en augmentant la concentration en alcool et en employant un artifice mécanique (électrolyse interrompue par des coupures périodiques du courant pour permettre la réaction entre l'alcool et l'oxyde instable de platine). Malheureusement ces conditions ne permettent pas d'envisager un résultat quantitativement intéressant.

Si ce régime ne peut être maintenu, l'aldéhyde peut alors s'oxyder en même temps que l'alcool et, comme la concentration qui intervient est la concentration au voisinage de l'anode, on comprend facilement que l'aldéhyde puisse passer presque intégralement à l'état d'acide.

Le détail des expériences sera donné dans un autre Recueil.

---

[1] La formation d'oxydes par polarisation anodique ou par les oxydants a été mise en évidence par différents auteurs et en particulier par l'un de nous (C. Marie, *Comptes rendus*, 145, 1907, p. 117; 146, 1908, p. 475; *J. de Chim. Phys.*, 4, 1908, p. 596).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les condensations de la glycérine.* Note de M. **Rangier.**

On sait que la glycérine, chauffée en présence d'acétate de soude fondu comme catalyseur [1], devient de plus en plus visqueuse et se condense pour donner notamment de la diglycérine, corps préparé par ailleurs et selon une autre méthode par Nivière [2].

Les données relatives à cette condensation sont assez contradictoires. Nous avons étudié le phénomène en chauffant de la glycérine à 95 pour 100 chimiquement pure en présence de 2 pour 100 d'acétate de sodium fondu qui s'est montré la quantité optima, dans un courant de gaz carbonique.

Nous avons opéré à diverses températures et suivi la cinétique du phénomène et nous sommes arrivé ainsi à obtenir divers degrés de condensation qui nous ont conduit à isoler déjà au moins six termes de condensation de la glycérine.

Pour arriver à ce but, nous avons acétylé, ainsi que le faisait Nivière, la masse visqueuse obtenue en fin d'action par l'anhydride acétique, et fractionné par distillation dans un vide poussé.

Les diverses acétines qui ont distillé se sont trouvées assez stables et nous avons pu les isoler à l'état de pureté.

Nous avons alors procédé à l'analyse par combustion, nous avons dosé l'acide acétique fixé et procédé à la cryoscopie dans divers solvants (acide acétique et benzène en particulier).

Les résultats obtenus nous montrent que l'on est en présence des corps suivants :

		Ébullition.
Tétracétine de l'alcool diglycérique	$(CH^3COO)^4(C^3H^5)^2O$..	164-165° sous 2^{mm}
Pentacétine de l'alcool triglycérique	$(CH^3COO)^5(C^3H^5)^3O^2$..	194-195 »
Hexacétine de l'alcool tétraglycérique	$(CH^3COO)^6(C^3H^5)^4O^3$..	224-225 »
Heptacétine de l'alcool pentaglycérique	$(CH^3COO)^7(C^3H^5)^5O^4$..	254-255 »
Octacétine de l'alcool hexaglycérique	$(CH^3COO)^8(C^3H^5)^6O^5$..	284-285 »
Nonacétine de l'alcool heptaglycérique		

Il est à remarquer que ces points d'ébullition varient très régulièrement de 30° en passant d'un terme au suivant.

---

(1) E. Lewis, *J. of Soc. Chem. Ind.*, 40, 1922 p. 97. — A. Rayner, *Ibid.*, p. 224.

(2) J. Nivière, *Thèse Fac. Sc. de Marseille*, 1913.

Tous ces corps sont liquides à la température ordinaire, de plus en plus visqueux, les premiers termes étant des liquides huileux, les derniers semblables aux huiles de graissage et la partie non encore fractionnée ayant une consistance cireuse.

Tous ces termes ont été obtenus avec des rendements allant de 10 à 82^g à partir de 100^g de glycérine mise en œuvre.

Incidemment nous avons isolé, en poussant la condensation très loin, une acétine cristallisée en très beaux cristaux blancs, qui s'est séparée de la fraction de tête des acétines (constituée surtout par de la triacétine de la glycérine et la tétracétine). Ce produit soumis à l'analyse (combustion, cryoscopie, dosage de l'acide acétique) paraît correspondre à une diacétine de l'alcool diglycinique homologue de la dichlorhydrine signalée par Fauconnier et Samson (1).

Nous sommes, de ces acétines, remontés aux alcools correspondants sur lesquels nous aurons à revenir.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'extractibilité des phénols par l'éther à partir de leurs solutions alcalines.* Note (2) de MM. **G. Vavon** et **N. Zaharia**, transmise par M. Moureu.

Quand on a à séparer un phénol de produits neutres qui l'accompagnent, il est classique de traiter le mélange par la soude, qui dissout le phénol, et par l'éther qui retient les produits neutres.

Au cours d'une étude faite sur le goudron primaire, nous avons été amenés à rechercher si l'éther n'arrachait pas une partie du phénol à sa solution alcaline, ainsi que Jahns l'avait constaté autrefois dans le cas du carvacrol (3).

Le tableau ci-après résume une partie des résultats obtenus sur 26 phénols différents. Les expériences ont été effectuées de la façon suivante : on dissout $\frac{1}{100}$ de molécule de phénol dans $\frac{1}{100}$ de molécule de soude; la solution portée à 10$^{cm^3}$ est agitée avec 20$^{cm^3}$ d'éther pendant une dizaine de minutes. On décante et l'on dose le phénol contenu dans l'éther, soit par pesée directe après avoir chassé le solvant, soit par titrage à l'iode en pré-

(1) *Bull. Soc. chim.*, 48, 1887, p. 236.
(2) Séance du 30 juillet 1928.
(3) Jahns, *D. Ch. Ges.*, 15, 1882, p. 882.

sence de bicarbonate de soude. Un dosage fait sur la solution alcaline sert de contrôle.

Les nombres qui figurent dans ce tableau donnent le pourcentage du phénol extrait par l'éther (les expériences ont été faites à une température voisine de 15°.

Phénol ordinaire	7,5
o-crésol	20,8
m-crésol	15
p-crésol	13,3
o-éthylphénol	44,7
p-éthylphénol	25,3
Diméthyl-2.4-phénol	43
Diméthyl-2.5-phénol	37,7
o-propylphénol	68,5
p-propylphénol	28,7
o-allylphénol	48
p-allylphénol	24,3
o-isopropylphénol	72,7
p-isopropylphénol	32,6
o-butylphénol	80,7
p-butylphénol	28,7
o-pseudobutylphénol	97
p-pseudobutylphénol	30,6
o-allyl-*o*-crésol	70,6
Dio-propylphénol	97,7
Dio-allylphénol	91,7
Thymol	88
Carvacrol	82,5
o-phénylphénol	52,5
α-naphtol	14,7
β-naphtol	23

Ce tableau montre que *tous les phénols sont extractibles par l'éther à partir de leur solution alcaline.*

La quantité extraite varie dans de larges limites en fonction de la structure du phénol : elle augmente lorsque s'alourdit la molécule de phénol par introduction de radicaux; *elle est nettement plus grande pour les phénols o-substitués que pour leurs isomères méta ou para.*

Cette extractibilité est liée à une hydrolyse plus ou moins profonde du phénate de soude : un excès d'alcali la fait diminuer; mais elle dépend en outre des solubilités du phénol libre dans le phénate et dans l'éther. Ainsi, dans le cas du thymol, si l'on remplace l'éther par d'autres solvants, on

obtient, comme quantités extraites : éther, 88; benzène, 38; tétrachlorure de carbone, 25; éther de pétrole, 22; ces solvants se trouvent précisément rangés par ordre de solubilité décroissante du thymol.

Au point de vue pratique, on peut tirer quelques conséquences des résultats précédents :

1° Dans la purification des phénols un peu compliqués, il convient de prohiber l'éther comme solvant des produits neutres, de le remplacer par exemple par l'éther de pétrole et d'employer un notable excès de soude.

2° L'extractibilité à l'éther, qui se détermine sur une faible quantité de produit, renseigne sur la structure du phénol et peut en particulier permettre de différencier le dérivé ortho de ses isomères méta et para.

3° En traitant un mélange de deux phénols par une quantité de soude insuffisante pour tout transformer en phénate et en extrayant à l'éther, il se produira un fractionnement, le phénol le moins extractible restant en majeure partie dans la soude, le plus extractible passant dans l'éther. *On a donc là une méthode de séparation des phénols à partir de leurs mélanges.*

LITHOLOGIE. — *Sur les roches cristallophylliennes du Mayombe (Afrique équatoriale française).* Note de M. **V. Babet**.

Au cours d'une mission de recherches géologiques dont me chargea M. le Gouverneur général Antonetti, j'ai traversé le Mayombe suivant la ligne du chemin de fer « Congo-Océan » en construction. On sait que la chaîne du Mayombe, formant parallèlement à la côte de l'Atlantique une bande d'un relief très tourmenté, est composée de gneiss, micaschistes, séricitoschistes, calcschistes, etc., dont les géologues du Congo ont fait une *série cristallophyllienne* rapportée à l'*Archéen*, à laquelle sont superposés des schistes, des quartzites, des psammites, des grès d'une deuxième série locale qui a été appelée *série métamorphique;* ces deux séries constituent le soubassement plissé sur lequel se sont déposées les formations moins anciennes de la cuvette congolaise. La présente Note a pour but de faire connaître uniquement les conclusions de l'étude des roches cristallophylliennes recueillies.

Elles peuvent être réunies en deux groupes : 1° les roches feldspathiques à faciès gneissique; 2° les roches non feldspathiques.

Dans celles du premier groupe, le feldspath est l'albite, parfois un peu de calcique, qui forme de grandes plages xénomorphes englobant des lames de séricite. Certains de ces gneiss (gneiss leucocrate de la Loukénéné

au nord du confluent de la Loukoula) ont un caractère franchement alcalin, plus sodique que potassique (analyse 1); ils ne comportent que de l'albite, de la séricite, de la chlorite et du quartz, ce dernier englobé également dans les plages d'albite. D'autres (gneiss à 2 micas de la piste de Bilinga à Bilala) sont calco-alcalins (analyse 2); la biotite forme des lits entre les plages de feldspath à contours déchiquetés, qui englobent des cristaux de muscovite et d'épidote avec quelques aiguilles de rutile. La calcite se trouve en quantité appréciable. Le quartz est granoblastique. Au même groupe se rattache le gneiss de M'Boulou dont le feldspath est très saussuritisé et qui contient une amphibole incolore, de la zoïsite et un peu de sphène. Un échantillon du confluent de la Loukoula dans la Loukénéné, est à microcline avec un peu de grenat. Le calcul met en évidence dans la roche (analyse 2) un plagioclase à 26 pour 100 d'anorthite, mais il se traduit au point de vue minéralogique par l'association d'albite et de clinozoïsite. Il faut remarquer que ces roches renferment jusqu'à 4,9 pour 100 d'alumine libre (analyses 1 et 2); il est donc vraisemblable que, malgré l'analogie de leur composition avec certains granites, on se trouve ici en présence de gneiss formés aux dépens d'arkoses plutôt que de granites, ou tout au moins de granites altérés.

Les roches du deuxième groupe comprennent des micaschistes à mica prédominant et des épidotites. Les micaschistes de la tranchée du chemin de fer, à 400^m environ au sud du premier tunnel, sont d'un gris verdâtre, brillants, fissiles, mais très ondulés, formés de lamelles empilées de séricite et de chlorite entre lesquelles on distingue, au microscope, des cristaux d'épidote et du quartz granoblastique concentré en lentilles (analyse 3). D'autres micaschistes à éléments plus petits, à surface couverte de séricite, forment les rochers abrupts de la Loukénéné en aval du confluent de la Loukoula; par place, ils contiennent de l'épidote et de la calcite.

Les épidotites affleurent près du premier tunnel. La roche (analyse 5) est verte, compacte, non schisteuse avec des mouchures de pyrite. Outre l'épidote, on y reconnaît de nombreux cristaux d'amphibole verte, de la chlorite, du quartz et un peu de sphène, localement moulés pœcilitiquement par de la calcite. Non loin de cet affleurement se rencontre une épidotite micacée (analyse 6), où la biotite se dispose en lits distincts (passage aux micaschistes). La chlorite y est assez abondante; quelques cristaux d'albite renferment des inclusions de quartz; la calcite forme par place de véritables lits.

Les analyses suivantes, dues à M. Raoult, montrent que toutes ces roches,

sauf l'épidotite (n° 5), contiennent une proportion importante d'alumine libre qui, dans le n° 3, atteint 11 pour 100. Elles sont riches en calcite primaire; ce sont d'anciens sédiments métamorphisés.

1. *Gneiss albitique à séricite.* Vallée de la Loukénéné, un peu en aval du confluent de la Loukoula.
2. *Gneiss albitique à deux micas.* Piste de Bilinga à Bilala.
3. *Micaschiste chlorito-épidotifère.* Vallée de la Loukénéné.
4. *Micaschiste calcifère à épidote.* Vallée de la Loukénéné.
5. *Épidotite.* Vallée de la Loukénéné.
6. *Épidotite calcifère micacée.* Vallée de la Loukénéné.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.
SiO^2.....	77,50	59,86	53,90	41,94	41,58	48,42
Al^2O^3....	14,07	17,30	17,52	13,70	17,66	14,30
Fe^2O^3....	0,41	1,38	5,59	3,12	6,61	4,04
FeO.....	0,70	4,38	5,98	10,17	4,38	8,21
MnO.....	0,05	0,12	0,16	0,30	0,25	0,24
MgO.....	traces	2,40	5,37	4,68	3,65	4,16
CaO.....	0,54	4,48	2,16	10,88	20,18	10,90
Na^2O....	4,61	3,19	0,39	1,45	0,67	0,64
K^2O.....	1,76	3,28	2,14	2,66	0,18	1,20
TiO^2.....	traces	0,96	1,00	1,89	1,04	1,58
P^2O^5.....	0,09	0,28	0,14	0,22	0,12	0,29
$H^2O(+)$.	0,55	0,45	5,45	2,63	0,64	2,43
» (—).	0,11	0,20	0,32	0,11	0,20	0,15
CO^2......	-	1,73	-	6,24	2,63	3,34
{ S........	-	-	-	0,17	0,22	0,14
{ Fe.......	-	-	-	0,14	0,19	0,11
	100,39	100,01	100,12	100,30	100,20	100,15

Au point de vue de leur situation dans la série des terrains cristallophylliens, les roches du Mayombe, que nous venons d'examiner, doivent être considérées comme appartenant à la *zone supérieure* caractérisée par l'albite et les minéraux hydroxylés (chlorite, séricite, épidote).

LITHOLOGIE. — *Sur les ankaratrites du Maroc Central.* Note [1] de M. **Henri Termier.**

Dans sa Note sur les régions volcaniques du Maroc Central (1917) L. Gentil décrit « de vraies *limburgites* » provenant des cônes de Taguerroïnt et d'Ichmi n Aktaan. Ces laves, loin de représenter une exception, font partie d'un nombreux cortège de roches à facies basaltique et à grand déficit de silice. La plupart appartiennent au type *ankaratrite* tel qu'il est défini par M. A. Lacroix [2]; ce type n'a pas été encore signalé au Maroc. Ces roches forment des coulées issues de volcans quaternaires égrenés sur la feuille *Itzer* et sur la partie sud de la feuille *Azrou* (Moyen Atlas et Causse préatlasique). Voici quelques indications sommaires sur la composition minéralogique de ces curieuses laves dont je poursuis l'étude. Je les grouperai provisoirement en quatre catégories :

1° *Ankaratrites à mélilite.* — Le Dj. *Si Mguid* (alt. 2200^{m}) est un cône très important situé sur le Lias tabulaire au sud d'Aïn Leuh. Ses coulées sont restreintes. La lave, compacte, gris foncé, montre à l'œil de petits grains de péridot. Elle renferme des phénocristaux d'augite, d'olivine, d'apatite et de *mélilite* en grande abondance (pflockstructur). Les microlithes sont constitués par de l'augite, de la magnétite et de la *perowskite.*

Le Dj. *Anach* est un cône situé à 1^{km} au sud-est du Si Mguid. Sa lave est analogue à la précédente mais contient en plus de la *néphéline* et de l'*analcime* primaire. Au *piton de Bekrit* l'augite se présente en phénocristaux et en petites aiguilles formant auréole autour de l'olivine, la *mélilite* n'apparaît qu'en petits prismes. Il y a de la christianite dans les fissures.

2° Les *ankaratrites à néphéline* ne diffèrent guère des précédentes que par l'absence de mélilite. J'en ai récolté au Dj. *Tastafait* à 10^{km} au sud d'Itzer et à l'*Achmine Assoubou* au sud-ouest de Timhadit. La lave de ce dernier volcan renferme de l'analcime et dans les fissures des zéolithes (christianite).

3° *Ankaratrites néphéliniques à haüyne.* — Le Dj. *Toumguit*, cône situé au sud de Si Sbeir et au nord-est du Si Mguid, est intéressant par sa richesse en une *haüyne* tellement remplie d'inclusions (réparties sur les clivages) que le minéral en devient opaque. Un très petit dôme, perçant le

---

(1) Séance du 30 juillet 1927.

(2) A. Lacroix, *Comptes rendus*, 163, 1916, p. 256.

Crétacé supérieur à 2^{km} *au nord de Bekrit* montre une lave à structure eutaxitique produite par des phénomènes de différenciation diffus. Le fond de la roche, très mélanocrate, comprend des phénocristaux d'olivine et d'haüyne chargée d'inclusions, des microlithes d'augite titanifère, de magnétite et de néphéline.

Par places apparaît un facies à éléments plus gros et même à éléments nouveaux : augite ægyrinique et analcime (avec cristallites ferrugineux) certainement primaire puisqu'elle englobe tantôt de la haüyne d'un bleu céleste (sans inclusions), tantôt de la néphéline intacte présentant des formes géométriques à l'inverse de ce qui se produit dans la roche normale.

4° *Ankaratrites limburgitiques.* — Elles renferment presque exclusivement de l'olivine, de l'augite et de la magnétite, sans trace de feldspath. Leur richesse en éléments colorés et leur pauvreté consécutive en verre me font considérer ces roches comme des ankaratrites limburgitiques plutôt que comme des limburgites; des analyses chimiques seraient nécessaires pour savoir s'il faut vraiment les identifier aux ankaratrites ou si elles constituent la forme mélanocrate de véritables limburgites. J'ai pu observer ce genre de lave à 1^{km} au *sud de S^i Rached* (nord-est d'Azrou); entre *Timhadit et Guenfou* dans un cratère installé sur le Crétacé supérieur; à *S^i Ali ou Mohamed* au sud du Dj. ben Idj, où la roche renferme de petites enclaves énallogènes (quartz arrondi entouré d'augite); enfin au petit dôme qui domine au Sud l'*Aguelmane Messaoud;* dans cette dernière lave, une phase terminale d'autopneumatolyse est indiquée grâce au remplissage des cavités par des zéolithes, de la biotite et de la hornblende brune.

Je ne voudrais pas terminer sans faire remarquer l'analogie qui existe entre ces roches du Maroc et certaines de celles que l'on connaît du cap Vert près Dakar ainsi qu'aux îles du cap Vert.

GÉOLOGIE. — *Sur un type d'accident tectonique affectant les plis de fond pyrénéens du Pays Basque espagnol.* Note de M. **Pierre Lamare.**

La région comprise entre la bordure septentrionale de la *nappe des marbres* des Pyrénées navarraises et la côte du golfe de Biscaye montre de très nombreuses dislocations indépendantes les unes des autres, qui se traduisent par un morcellement intense en écailles de faibles dimensions et par des phénomènes d'écrasement accentués. Dans cet ensemble, aucune individualité tectonique ne saurait être distinguée, et il apparaît très pro-

bable qu'on se trouve en présence d'une structure caractéristique des plis de fond, comparable à celle des Pyrénées centrales, où, ainsi que l'a montré récemment M. Ch. Jacob, le revêtement post-hercynien se trouve « coincé entre les masses hercyniennes avec des dispositions tectoniques compliquées dans le détail, mais des grandes lignes simples (¹) ».

Dans la région que nous avons étudiée, c'est à un type assez particulier d'accident tectonique qu'est due la complication du détail, type d'accident qui donne naissance à des indentations de masses rocheuses rigides au milieu de masses rocheuses relativement déformables.

C'est ainsi que la couverture permo-triasique des massifs primaires, faite de poudingues, quartzites, et grès psammitiques, ne forme *jamais* à la périphérie des massifs primaires une carapace continue. Il en va quelquefois de même pour les grès d'âge albien; dans le premier cas, la masse externe déformable est la série de schistes marneux ou argilites qui constitue la partie supérieure du Grès bigarré, recouverte par les argiles bariolées du Keuper; dans le second cas, c'est le flysch crétacé.

Les couches rigides, qui, dans un bombement anticlinal de schistes primaires ou de marno-calcaires jurassiques, jouent le rôle d'enveloppe dure d'un noyau, cassent et se décollent en certains points : il se produit un phénomène comparable à une décortication, qui met à nu des parties du noyau. Les arêtes vives ainsi formées dans les portions arrachées de l'enveloppe, souvent tordues à leur extrémité, pénètrent la masse externe plastique et y dessinent une série d'indentations, tandis qu'à l'inverse la roche constituant la masse plastique vient s'insinuer dans les vides créés par les décollements où elle se trouve placée en contact direct avec les couches du noyau.

Les indentations, dans le cas de barres rigides épaisses de $\pm$ 100^{m}, réalisé en ce qui concerne le Permo-Trias, présentent des amplitudes (décalage atéral par rapport à la direction d'ensemble de la barre) oscillant habituellement entre 50 et 200^{m}. Leur fréquence est très variable et augmente avec la courbure générale de la barre; pour des torsions assez fortes, terminaisons périclinales par exemple, la fréquence peut atteindre 3 au kilomètre; elle peut tomber, lorsque la barre est à peu près rectiligne, à 1 par 4 ou 5^{km}; nous n'avons jamais observé de distance plus grande sans répétition du phénomène.

Ces dislocations, par les étirements et les torsions qui en sont la consé-

---

(¹) *Sur le métamorphisme des calcaires et sur la structure du versant nord-pyrénéen* (*Comptes rendus*, 186, 1928, p. 1362).

quence aux points où elles engendrent des solutions de continuité, provoquent parfois l'apparence d'un recouvrement anormal. L'étude détaillée des accidents montre que ceux-ci n'affectent en réalité qu'un espace restreint. Partout ailleurs, les superpositions sont absolument normales, et l'on ne saurait y voir de véritables imbrications. Les barres permo-triasiques, normalement transgressives sur les massifs hercyniens, se succèdent à la périphérie de ces massifs en se relayant : c'est, à proprement parler, une disposition en écailles; mais le terme d'écailles, employé déjà pour qualifier les unités tectoniques indépendantes d'un régime imbriqué, prêterait à confusion; aussi préférons-nous parler ici d'indentations.

Ce type d'accident nous paraît lié aux plissements qui caractérisent la tectonique dite rigide, et correspond sans doute au cas particulier où l'enveloppe plus rigide que le noyau est entourée elle-même par des masses relativement plastiques.

L'existence de solutions de continuité dans la couverture permo-triasique des massifs hercyniens a une répercussion très nette sur le relief : les arêtes que forment les grès et qui, en raison de la dureté de la roche, constituent nombre des principaux sommets des Pyrénées navarraises, apparaissent sectionnées par des échancrures correspondant aux indentations et les jalonnant pour ainsi dire : la trouée s'étant faite toujours aux points de moindre résistance où, par suite de l'étirement de la barre gréseuse, les schistes primaires viennent buter contre les schistes marneux triasiques.

GÉOLOGIE. — *Observations géologiques dans le Hodh (cercle de Néma, Soudan français).* Note de M. **Raymond Furon**.

L'Aouker est une cuvette d'origine tectonique, allongée Est-Ouest. Il est limité au Nord par une ligne de falaises (Dahar-Tichit) et à l'Est par une falaise qui fait suite au Dahar-Tichit, le Dahar Oualata et le Dahar Néma. Sa limite occidentale (le Tagant) et son raccord avec le plateau mandingue ont été antérieurement étudiés par Chudeau [1]. La partie orientale de l'Aouker porte le nom de Hodh.

Le Dahar-Néma est une falaise alignée sensiblement Nord-Sud de Oualata à Néma. Il oblique ensuite vers l'Est, passe très au nord de Bacikounou, puis se continue vers l'Est en direction du lac Faguibine. Haute

---

[1] Chudeau, *Le plateau mandingue* (*Bull. Soc. géol. Fr.*, 17, 1917, p. 117-135).

d'une centaine de mètres, cette falaise est constituée par des schistes, des quartzites et des jaspes recouverts sans discordance par des grès siliceux. La puissance de ces derniers bancs est de 25 à 30^{m}.

Ces sédiments sont tout à fait semblables à ceux du plateau mandingue : les grès siliceux aux grès de Bamako et la série inférieure aux schistes et quartzites de Nioro. Le pendage, très faible, est dirigé vers le Nord-Nord-Est. Des failles et des diaclases nombreuses sont visibles dans les ravins creusés par des torrents temporaires comme l'oued de Néma. Le plateau s'enfonce lentement vers le Nord et disparaît sous les sables du Djouf exactement comme le plateau mandingue disparaît sous les sables de l'Aouker.

A 35^{km} au nord de la piste de Néma à Timbédra le Hodh est complètement recouvert de dunes mortes, fixées par une végétation assez peu variée où dominent le « talah » (*Acacia tortilis* Hayne) et le « kram-kram » (*Cenchrus ecchinatus* L.). Les principales dunes, qui s'élèvent d'une dizaine de mètres, sont orientées ENE-WSW. Le puits de Bou-Ech, situé à 80^{km} au nord-ouest de Néma, creusé entièrement dans le sable, mesure 26^{m} de profondeur.

Au sud de la zone des sables, la plaine est souvent recouverte d'alluvions argilo-sableuses dont l'épaisseur ne dépasse pas 5^{m}. Le sous-sol est composé par les schistes inférieurs aux grès dont il ne subsiste que de très rares lambeaux. Aux environs de Timbédra, au sud du puits de Mousdéré, à l'ouest de Néma, j'ai observé des affleurements de roches éruptives (granite et diabases). Toutes ces formations sont complètement arrasées.

L'étude de cette région me permet les conclusions suivantes :

a. Les falaises qui constituent les « Dahar » et limitent le Hodh au Nord et à l'Est sont d'origine tectonique, dues à l'effondrement d'une grande voûte anticlinale.

b. La présence de nombreuses alluvions, de dunes mortes dans la partie la plus profonde du Hodh, les chapelets de mares, le drainage difficile des eaux vers le Nord-Ouest et l'Ouest me paraissent le témoignage de la présence au Quaternaire ancien d'un réseau hydrographique beaucoup plus important. Un bras du Niger devait se détacher du fleuve qui coulait alors vers le Nord, entre Nara et Sokolo et gagner le Hodh, entre Nara et Néma, par la dépression située au sud du puits de Kaossa, dépression où subsiste un chapelet de mares. Deux autres dépressions, situées plus au Sud, drainent également les eaux vers l'Ouest.

PALÉONTOLOGIE. — *Contribution à la connaissance des faunes jurassiques du Poitou. Les Ammonites de l'Oxfordien, au sud de Niort.* Note de M. **Jules Welsch.**

Les marnes argileuses grises et bleues qui représentent le véritable Oxfordien, au sens réduit du nom, existent dans la région sud de Niort, tandis qu'on ne les trouve pas dans le Seuil du Poitou.

On peut les examiner surtout à la tuilerie de Chamaillard, sur la route de Niort à La Rochelle; à Montamisé et à la base de la tranchée de la Tranchée, ou tranchée des Grosses terres, sur la ligne du chemin de fer de La Rochelle. La partie supérieure de cette tranchée montre les assises de l'Argovien à *Ammonites transversarius* et *A. canaliculatus* plongeant légèrement au Sud. Les déblais de la tranchée ont été rejetés au nord de cette coupe et du rebord des assises, à peu près dans l'angle des lignes ferrées de La Rochelle et de Bressuire. On peut y recueillir de nombreuses petites Ammonites ferrugineuses du Callovien supérieur et de l'Oxfordien inférieur, zones à *Amm. Renggeri* et *Amm. cordatus*.

Les marnes sont lavées par les eaux de pluie, et, pendant plusieurs années, j'ai pu recueillir à la surface, de nombreux échantillons des genres *Phylloceras, Hecticoceras*, *Ochetoceras*, *Creniceras*, *Taramelliceras*, *Oppelia*, *Oecotraustes*, *Haploceras*, *Perisphinctes* et *Grossouvria*, *Aspidoceras*, *Cardioceras*, *Quenstedticeras*, *Peltoceras*, etc.

Les individus sont petits, difficiles à déterminer et à classer. Peut-être, ce sont seulement des jeunes, car je n'ai jamais trouvé les tours extérieurs calcaires, comme dans le cas des marnes du Lias supérieur, où l'on trouve des tours intérieurs ferrugineux dans des exemplaires calcaires plus grands.

Voici la liste des formes recueillies : *Phylloceras* aff. *esulcatum* Quenstedt sp., mais plus ouvert; *Ph.* aff. *frederici-augusti* Pomoecki, qui ressemble à un *Sowerbyceras; Ph. Riazi* de Loriol; *Hecticoceras bernense* de Lor.; *H. puteale* Bean-Leckenby; *H. Bonarellii* de Lor.; *H. otiophorum* Bonarelli, et d'autres formes de ce genre varié; *Ochetoceras Eucharis* d'Orb.; *O. rauracum* Mayer et de Lor.; *O. trimarginatum* (*Harpoceras*) de Lor., non Oppel, avec d'autres formes; les *trimarginati* ne sont pas, à proprement parler, des *Ochetoceras*, ni des *Oppelia*, probablement, il faudra un nouveau genre pour ces formes, comme *Trimarginites* Rollier 1909; *Creniceras Renggeri* Oppel; *Cr. Kobyi* de Lor.; *Cr. scaphitoïdes* de Lor.; *Cr. Baylei* de Lor.; *Cr. audax* Oppel; j'ajoute que les jeunes individus du genre *Creniceras* sont très diffi-

ciles à séparer entre eux; *Taramelliceras* Richei de Lor.; *Tar. Heimei* de Lor.; qui renferme peut-être plusieurs formes différentes; *Oppelia Rollieri* de Lor.; *Œcotraustes paucirugatus* Bukowsky; *Haploceras puellare* de Lor., avec d'autres formes voisines; *Perisphinctes* (*Grossouvria*) *bernensis* de Lor.; *Gr. subtilis* Neumaur; *Gr. convoluta* Quenstedt, *Cephalopoden* (XIII, *fig.* 5), non *Schlotheim; Aspidoceras mirandum* de Lor. et une forme voisine; *Asp. billodense* de Lor.; *Asp. armatum* de Lor., peut-être de la zone supérieure (Argovien), *Asp. babeanum* de Lor., non d'Orb.; *Asp. perisphinctoïdes* Sinzov; *Asp. Kobyl* de Lor.; de nombreux *Cardioceras*, comme *C. Rouilleri* Lahusen; *C. quadratoïdes?* Nikitin; *C. quadratum* Sow.; *C. cordatum* Sow.; *C. tenuiscostatum* Nikitin, et d'autres formes; *Quenstedticeras* cf. *macrum* Qu.; *Q. inflatum* Qu.

Il m'a été impossible de séparer les deux zones paléontologiques représentées, assise à *Creniceras* et assise à *Cardioceras*, et encore plus de distinguer les subdivisions (*hemeræ*) de S. S. Buckman, qui sont indiquées dans le Volume V de *Type Ammonites* (p. 67-68). Du reste, j'ai fouillé beaucoup d'autres gisements du véritable Oxfordien (*sensu stricto*) en plusieurs points du Poitou, jusqu'à Velluire près de Fontenay-le-Comte, sans rencontrer l'équivalent des couches du sud de Niort. Il est difficile de trouver des véritables coupes donnant en succession les assises paléontologiques, c'est ainsi que c'est seulement dans la tranchée de Velluire, sur la voie ferrée de La Rochelle à La Roche-sur-Yon, que l'on trouve certaines Ammonites ferrugineuses du véritable Callovien.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Les explosions à grande distance*. Note de M. **M. Collignon**, présentée par M. Bigourdan.

En trois Notes antérieures [1] j'ai envisagé, dans le temps et dans l'espace, la formation des harmoniques audibles au sein des infra-sons provenant d'explosions à grande distance d ($d > 120^{km}$). Me basant sur mes observations du temps de guerre, je constate une différence fondamentale entre les infra-sons d'origine moléculaire, c'est-à-dire dus à une force physique agissant sur la matière, et les infra-sons d'origine atomique, c'est-à-dire provenant d'explosions ayant provoqué un violent ébranlement des atomes et des molécules.

(1) *Comptes rendus*, **167**, 1918, p. 333; **172**, 1921, p. 213; **179**, 1924, p. 1615.

Les auteurs ne font pas de différence entre ces deux origines, et certains ont ainsi été conduits à certaines généralisations qui sont contraires aux résultats de mes observations.

La périodicité annuelle et journalière, la résonance et l'antirésonance, l'ombre sonore, les effets de hauteur *h* au-dessus du sol, les variations de la hauteur du son suivant les points d'observation et les périodes, la vibration rythmique R(N, I) me semblent incomplètement expliqués par les lois de l'élasticité et par les propriétés des ondes sinusoïdales; le phénomène audible n'obéit pas à la loi de décroissance du son en fonction de d^2.

J'ai continué l'étude des *harmoniques audibles dans l'espace*, d'après mes graphiques de 1917 et 1918. J'ai tout d'abord perfectionné ma méthode des moyennes et des rapports qui me permet de suivre l'élimination des trois variables étrangères aux propriétés de chaque point d'observation, ces variables étant : 1° l'activité de l'artillerie et des secteurs; 2° l'état atmosphérique X qui conditionnerait l'audition; 3° le hasard des combinaisons numériques qui intervient dans le calcul des moyennes. Le tableau d'élimination des variables devient une table d'approximation permettant de transformer en observations presque simultanées des observations séparées par un intervalle T de 0^{min} à 60^{min} et un intervalle T′ de 30^{min} à 89^{min}.

En prenant la moyenne de deux types décimaux de rapports N, I, T (nombre, coefficients d'intensité et de hauteur de son par minute) relatifs aux points mis en comparaison, j'ai établi un tableau concernant les phénomènes prédominants aux points suivants :

S, point unité donnant la double réflexion de rayons sonores tous directs dans l'angle de deux murs;

O, autre point unité : résonance dans une enceinte dont l'ouverture vers l'Est a $6^{\text{m}},85$ de largeur, enceinte au fond de laquelle l'observateur placé derrière un large obstacle reçoit toutes ondes brisées;

$O_{1\ldots5}$, résonance en 6 points de la même enceinte avec mélange de rayons directs et brisés;

D, à 25^{m} de tout obstacle réfléchissant ou interposé;

$S_{1\ldots}O_{1\ldots}$, réflexion simple en 8 points, distants de 1^{m} à 5^{m} des murs réfléchissants, avec ou sans ombre sonore;

N...N...E, ombre sonore qui varie en 7 points principaux et 2 secondaires d'après la hauteur des murs qui dominent l'observateur de $0^{\text{m}},86$ à $4^{\text{m}},50$ et d'après leur distance de $0^{\text{m}},50$ à 6^{m};

F, antirésonance dans l'embrasure d'une fenêtre de $1^{\text{m}},14 \times 0^{\text{m}},90$ ouverte à l'Est;

M, P, en 3 points à 15^{m} de hauteur au-dessus du sol de la vallée, altitude 30^{m}; en P, antirésonance des ondes directes dans l'ouverture $0^{\text{m}},80 \times 0^{\text{m}},60$ d'un toit.

A, J, H, en 21 points : ondes directes ou brisées arrivant de hauteurs diverses entre

27[m] et 34[m] au-dessus du sol (tour de l'église de Louviers, dont la base est à 17[m] d'altitude).

Étant donné un type mixte de rapports $\frac{S}{O}(N, I)$ et $\frac{S, O}{P\ldots}(N, I)$, étant donné que S par rapport à O et S, O par rapport à tout point P... donnent l'audition maxima, on trouvera les coefficients d'affaiblissement dans le tableau qui suit. On y trouvera aussi les coefficients de longueur d'onde ou de diamètre des tourbillons : coeff. $\lambda = \frac{S}{P\ldots}(\Gamma)$.

Ce tableau utilise 1201 comparaisons N, I entre S et O dans les intervalles T et T′ avec 357 986 détonations; 927 comparaisons entre les unités S, O et 49 points P... avec 63 142 détonations.

	Nombre de points.	Compar.		Minima			Maxima		
		N, I.	λ.	aff. N.	I.	λ.	aff. N.	I.	λ.
S, réfl. double.....	1	-	-	1	1	1	1	1	1
O, rés. { 1917....	1	416	-	1,073	1,07	>1	-	-	-
O, rés. { 1918....	1	686	-	-	-	-	1,27	1,38	>1
$O_{1\ldots5}$ réson.	6	103	-	1,455	2,13	>1	1,79	2,59	>1
D, obst. 25[m]......	1	92	-	2,55	3,17	1	2,55	3,17	1
$S_{1\ldots}O_{1\ldots}$ réfl. simp.	8	154	-	1,31	1,68	1	1,55	2,40	1
N...E...omb. son.	9	228	53	2,95	4,52	0,76	7,04	21,07	0,96
F, antirés.........	1	78	24	10,30	15,50	0,71	10,30	15,50	0,71
M, P, haut. 15[m]...	3	86	50	3,95	8,63	1,15	10,55	32,83	1,03
A, J, H, 27[m]-34[m]..	21	157	64	2,95	4,10	1,13	7,97	13,27	1,38

On remarquera que M, P donne 1,15 (λ) dans la colonne des minima et 1,03 (λ) dans la colonne des maxima parce que chaque série bloquée (N, I, λ) appartient à un seul point.

PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Modes d'utilisation, par l'organisme, de l'énergie libérée par les oxydations et problème de la valeur alimentaire de l'alcool.* Note (1) de MM. **Émile-F. Terroine** et **R. Bonnet**, transmise par M. d'Arsonval.

Toute une série d'études antérieures, tant sur l'énergétique de la croissance que sur le mécanisme de l'action dynamique spécifique, nous ont amenés à penser qu'à l'intérieur d'un être vivant, l'oxydation d'un corps

(1) Séance du 30 juillet 1928.

organique ne comporte pas nécessairement la libération d'une énergie utilisable pour les travaux cellulaires. Il y aurait, en réalité, à distinguer entre deux catégories d'oxydations : les unes, libérant l'énergie utilisable aussi bien pour le travail mécanique que pour les synthèses chimiques; les autres, ne pouvant livrer uniquement que de la chaleur. Mais cette manière de voir était à peu près entièrement hypothétique.

D'autre part, c'est une controverse qui se poursuit depuis de longues années, et sans aucune conclusion, que celle relative à la valeur alimentaire de l'alcool éthylique, l'organisme animal pouvant fournir du travail à l'aide de ce corps pour les uns, en étant incapable pour les autres [1].

Il nous a paru possible de résoudre simultanément les deux problèmes par la mise en évidence, et si elle existe, par la mesure de l'action dynamique spécifique de l'alcool.

En effet si l'alcool appartient à une catégorie de corps dont l'oxydation donne nécessairement et uniquement de la chaleur, si l'énergie libérée ne peut être utilisée en rien pour l'accomplissement du travail physiologique, l'administration de l'alcool doit avoir des effets variables en fonction de la température extérieure :

1° à la neutralité thermique, la production calorique de l'homéotherme doit s'élever de la quantité même que représente la combustion de l'alcool ;

2° à des températures pour lesquelles l'organisme met en jeu ses mécanismes thermogénétiques régulateurs, la chaleur résultant de la combustion de l'alcool est utilisée et la production calorique peut rester la même avant et après absorption d'alcool.

Ce sont ces deux conséquences que nous avons essayé de contrôler par de nombreuses expériences sur l'homme et les animaux. Nous donnerons le détail des essais ainsi que la technique — laquelle, dans l'ensemble, est celle adoptée dans toutes nos études de métabolisme — dans un Mémoire ultérieur.

A titre d'exemple, on trouvera ci-après les résultats d'une expérience sur chacune des espèces étudiées.

---

(1) Nous avons délibérément laissé de côté dans cette Note toute indication bibliographique sur le problème de la valeur alimentaire de l'alcool. Nous rappellerons les travaux antérieurs et en discuterons les conclusions dans un prochain Mémoire.

	Neutralité thermique			12°.
	Lapin.	Pigeon.	Homme.	Pigeon.
Quantité d'alcool administrée (en gr.)	4,8	1,3	51,84	0,8
Quantité d'alcool retrouvée dans les égesta (en gr.).	0,125	0	0,26	0
Quantité d'alcool réellement consommée (en gr.).	4,675	1,3	51,58	0,8
Quantité d'alcool réellement consommée (en cal.).	33,192	9,2	366,2	5,68
Extra-chaleur mesurée (en cal.)	33,328	9,02	345,35	0,138
Quantité d'énergie retrouvée sous forme de chaleur (en cal.)	97,3 %	98 %	94,3 %	2 %,

De multiples expériences ont apporté des résultats numériques identiques, lesquels nous paraissent répondre de manière extrêmement claire aux questions posées. Ces résultats confirment entièrement nos hypothèses : puisqu'on retrouve en totalité, à l'état d'extra-chaleur, — aux erreurs expérimentales près — l'énergie ingérée sous la forme d'alcool par l'animal à la neutralité thermique puisque, au contraire, il n'y a aucune production calorique supplémentaire chez le sujet placé dans sa marge de thermogenèse, c'est que l'oxydation de l'alcool peut donner de la chaleur et uniquement de la chaleur. C'est donc qu'une oxydation ne constitue pas nécessairement une réaction libérant une énergie toujours utilisée par l'organisme.

Nous aurons l'occasion de revenir sur les conséquences multiples de ces constatations, dont on devine tout de suite l'importance pour la compréhension du mécanisme de l'action dynamique spécifique des protides et des lipides, ainsi que de la perte d'énergie qui s'observe dans la transformation oxydative des lipides en glucides.

Pour le moment, nous nous contenterons de dégager les conclusions essentielles de notre étude :

1° Les oxydations qui se poursuivent dans les organismes doivent être divisées en deux grandes catégories quant à l'énergie qu'elles libèrent : les unes — et l'oxydation du glucose en est le type — sont entièrement utilisées pour les travaux de toute nature, mécaniques et chimiques; les autres — et l'oxydation de l'alcool en est le type — ne peuvent donner uniquement que de la chaleur.

2° Le vieux problème de la valeur alimentaire de l'alcool doit se résoudre ainsi : l'alcool est uniquement un thermogène; il ne peut être employé par l'organisme à aucun travail ni mécanique, ni chimique et n'a, par conséquent, aucune valeur à la neutralité thermique; par contre il peut être utilisé pour la couverture, au moins partielle, des besoins caloriques.

TOXICOLOGIE. — *Sur le sort de l'acide cyanhydrique dans le sang.* Note de MM. **E. Kohn-Abrest** et **Lupu**, transmise par M. d'Arsonval.

On sait la rapidité avec laquelle l'acide cyanhydrique disparaît des organes après empoisonnement. Cette disparition est parfois totale; on la constate assez fréquemment lorsqu'il s'agit des victimes du gaz cyanhydrique employé sans précaution suffisante pour la désinsectisation des locaux d'habitation, alors que les doses absorbées (par voie pulmonaire) sont relativement faibles.

La transformation, découverte par M. Chelle (¹) de HCN en sulfocyanures stables au cours de la putréfaction, permet souvent de faire la preuve de l'intoxication. Toutefois, l'un de nous (²) a constaté que cette transformation, dans la pratique des expertises toxicologiques, n'était ni intégrale, ni même toujours produite.

En réalité, le sort de l'acide cyanhydrique ou des cyanures dans l'organisme reste imparfaitement connu.

Sans qu'il y ait putréfaction, l'acide prussique, mélangé à des organes pris à l'état frais et congelés après mélange, disparaît rapidement en proportions très notables (³).

Un fait entre autres doit retenir l'attention, ainsi que l'un de nous l'a fait observer (⁴). Bien que l'acide cyanhydrique se dissémine avec une vitesse extrême au hasard des organes, le sang n'en contient généralement pas, au moment plus ou moins tardif de l'expertise toxicologique.

Cette absence, ou cette disparition, peut tenir à des causes multiples telles que : phénomènes d'hydratation (⁵), transformation en sulfocyanures.

Il était intéressant de rechercher quelle pouvait être, dans l'espèce, la part de l'action destructive du *glucose normal* sur l'acide cyanhydrique.

(¹) *Comptes rendus*, 169, 1919, p. 726, 852, 973.

(²) Kohn-Abrest, *in* Ogier et Kohn-Abrest, *Traité de Chimie toxicologique*, 2ᵉ édition, 1, p. 352, Paris, Doin, 1924.

(³) *Traité de Chimie toxicologique* (Kohn-Abrest et Bouligand), 2ᵉ édition, 1, p. 349. Paris, Doin, 1924.

(⁴) Kohn-Abrest, *Annales Méd. légale*, 1ʳᵉ série, 5, 1926, p. 335.

(⁵) La production de formiate d'ammoniaque.

Dans ce but, nous avons effectué des expériences sur le sérum, et sur le sang de porc, initialement exempts de glucose ou de sucres réducteurs.

Le sérum et le sang ont été ensuite additionnés d'une proportion de glucose correspondant à la teneur physiologique en glucose du sérum ou du sang humain. C'est dans ce sérum ou sang ainsi préparés que nous avons étudié la disparition de l'acide cyanhydrique.

Voici des détails :

Le *sérum* (exempt de sucres réducteurs) est séparé du sang de porc, on neutralise par de l'acide trichloracétique (sang 1^{l}, acide trichloracétique 80^{cm^3}, solution à 25 pour 100, ébullition, essorage, lessive de soude 10^{cm^3}).

On traite par 24^{mg} d'acide cyanhydrique :
A. 200^{cm^3} de ce sérum (sans glucose);
B. 200^{cm^3} du même sérum additionné de 300^{mg} de glucose;
C. 200^{cm^3} de sang de porc, boraté à 2 pour 100 (sans glucose);
D. 200^{cm^3} du même sang de porc, boraté à 2 pour 100, additionné de 300^{mg} de glucose.

Ces différents liquides ont été répartis par échantillons de 25^{cm^3} dans des tubes bouchés, et abandonnés par moitié à $+20^{o}$, et par moitié à $+37^{o}$. Les dosages de HCN ont été effectués par distillation en présence d'acide phosphorique, et titrage au nitrate d'argent; les mélanges soumis à la distillation étaient employés ensuite à la recherche de HCN dissimulé de Chelle (selfocyanures).

Résultats :

	Perte en HCN (pour 100 de HCN primitif) après		
	2 jours.	4 jours.	7 jours.
Température : 20°.			
A. Sérum non glucosé	0	0	0
B. Sérum glucosé	31	69,5	70,1
C. Sang non glucosé	7,3	10,3	10,8
D. Sang glucosé	14,4	24,1	21,1
Temperature : 37°.			
A. Sérum non glucosé	17,2	18,1	17,1
B. Sérum glucosé	68,3	71,0	88,5
C. Sang non glucosé	7,2	43,8	26,2
D. Sang glucosé	31,3	51,5	82,7

La recherche de l'acide cyanhydrique « dissimulé » (à l'état de sulfocyanure) dans le sang (qui, malgré l'addition de borax, s'est putréfié à $+37^{o}$) a conduit aux résultats suivants :

	HCN dissimulé (pour 100 de HCN initial) après 2 jours.	4 jours.	7 jours.
Température : 20°			
D. Sang glucosé	néant	néant	5,0
C. Sang non glucosé	néant	traces	néant
Température : 37°.			
D. Sang glucosé	néant	néant	néant
C Sang non glucosé	néant	néant	néant

Ces expériences établissent que l'influence du glucose normal, à température ambiante (+ 20°) relativement active lorsqu'il s'agit du sérum, est assez faible dans le sang complet, où elle ne devient importante à la longue qu'à + 37°, conditions inexistantes au point de vue toxicologique. Cette influence ne paraît donc guère devoir entrer en ligne de compte pour expliquer l'absence, plutôt paradoxale, mais souvent constatée, de l'acide cyanhydrique dans le sang des victimes de ce poison.

La séance est levée à 16h.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 13 AOUT 1928.

PRÉSIDENCE DE M. GUILLAUME BIGOURDAN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

LITHOLOGIE. — *Nouvelles observations sur les laves des îles Marquises et de l'île Tubuai (Polynésie australe).* Note [1] de M. **A. Lacroix.**

Dans une récente mise au point sur la constitution minéralogique et chimique des laves des volcans de la Polynésie australe [2], j'avais noté des lacunes dans nos connaissances concernant certaines îles françaises. Sur les instructions données par M. le Ministre des Colonies, des recherches méthodiques y ont été faites; je me propose de communiquer ici les premières conclusions concernant les îles Marquises et l'île Tubuai.

Afin de préciser l'intérêt de ces nouvelles données, quelques mots sont nécessaires pour rappeler mes conclusions antérieures.

Toutes les laves intrapacifiques diffèrent comme composition des laves circumpacifiques. Ce sont essentiellement des laves à facies basaltique (*basaltes* et *basanites*), généralement riches, et souvent très riches, en péridot. Elles sont fréquemment accompagnées de types leucocrates (*trachytes* et *phonolites*, et exceptionnellement *rhyolites*), avec, en outre, quelques rares roches intermédiaires de caractère andésitique, mais, suivant les centres considérés, dans cette immense étendue constituant plus du tiers du globe, ces roches ne sont pas associées de la même façon. J'ai établi trois types de groupement de ces laves, à peu d'exception près plus sodiques que potassiques, suivant qu'elles sont riches en néphéline exprimée, ou simplement virtuelle, ou bien qu'elles ne renferment pas de néphéline; il existe une série intermédiaire.

---

[1] Séance du 6 août 1928.

[2] A. Lacroix, *La constitution lithologique des îles volcaniques de la Polynésie australe* (*Mém. Ac. Sciences*, 59, 1927, p. 61-82, et *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 425).

Iles Marquises. — Les Marquises comprennent neuf îles, hautes terres volcaniques bordées par des falaises abruptes. Elles sont distribuées en trois groupes. Sur le plus septentrional (Hatutu, Eiao, Motu-Hiti), je n'ai aucun document et pas davantage sur le groupe méridional (Hiva-Hu, Tahuata, Futu-Hiva), mais une expédition anglaise ayant récemment visité ces dernières [1], la description de leurs roches ne saurait tarder à être publiée. Les documents que j'ai décrits antérieurement avaient été recueillies à Nuku-Hiva, la plus grande île du groupe central. C'est d'elle encore et des deux autres îles, Ua-Huka et Ua-Pu, que proviennent les nouveaux documents que je dois au Dr Rollin. A Nuku-Hiva et à Ua-Huka l'on rencontre les mêmes types lithologiques, ils ont les mêmes caractéristiques minéralogiques; aussi, après avoir complété l'analyse des laves de Nuka-Hiva, me suis-je contenté de faire analyser trois roches de Ua-Huka, afin de confirmer chimiquement cette identité et une quatrième, un basalte ankaramitique dont les échantillons provenant de la première île n'étaient pas frais.

Les conclusions à tirer des analyses données plus loin et qui ont été faites par M. Raoult sont les suivantes : dans la série des *trachytes*, il existe peu de différence entre les deux alcalis; sauf dans un cas la soude prédomine légèrement sur la potasse; ces trachytes s'étendent depuis des types alcalins jusqu'à des *latites* par l'intermédiaire de trachytes assez riches en plagioclases. La même particularité se retrouve dans les *andésites* et dans une lave à grands phénocristaux de plagioclases renfermant égalité en poids de la potasse et de la soude qui est à la limite des basaltes. Les *basaltes* proprement dits présentent des types α, à silice libre, et d'autres, β, à silice non saturé, mais où le calcul ne met pas en évidence de néphéline et ce caractère se prolonge jusque dans les *ankaramites*, le type le plus pauvre en silice. Ces résultats confirment donc l'opinion à laquelle m'avait conduit l'étude des premiers documents, ces deux îles sont à rapporter à ma troisième série, celle qui est caractérisée par l'absence de néphéline.

Nu ku Hiva :

1.	*Trachyte hololeucocrate α.* Centre de l'île........	I.5.1(2).(3)4
2.	» » Aotupa..............	I.'5.1.3(4)
3.	» *à biotite.* Taiohae..............	I.5.1(2).3'
4.	» *hololeucocrate β*......................	I.5.(1)2.(3)4
5.	» *β à plagioclase*......................	I(II).5.1(2).(3)4
6.	*Latite.* Aotupa....	I'.5.2.3'
7.	*Andésite andésinique.* Taiohae..................	(I)II.5.2'.'4
8.	» »	II.5.3.'4
9.	*Basalte labradorique α à plagioclase et augite*....	II'[5.(3)(4).'4][3.1.2'.2(3)]
10.	» *andésinique α*........................	(II)III.[5.3.4][3.1.2.'3]
11.	» *labradorique β*........................	III[5.(3)4.4][2'(1)2.2.2]

[1] L.-J. Chubb, *The St-George Scientific Expedition* (*Geol. Magaz.*, 62 1925, p. 369).

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
SiO^2.....	65,82	64,98	61,94	61,68	59,78	58,92	56,76	48,36	45,94	46,68	43,58
Al^2O^3....	18,43	18,14	19,12	20,02	18,18	19,02	18,83	18,00	17,04	15,01	12,49
Fe^2O^3....	1,80	2,16	2,03	2,10	3,78	3,57	4,55	4,33	7,81	6,35	8,41
FeO......	0,25	0,43	1,25	0,46	0,87	1,42	1,25	5,40	3,28	5,44	4,92
MgO.....	0,06	0,04	0,19	0,12	0,71	0,50	1,65	3,60	3,67	4,30	10,33
CaO......	1,26	0,72	1,38	1,56	2,60	2,82	4,28	7,80	10,14	9,84	9,34
Na^2O.....	6,44	6,04	5,99	6,56	6,32	5,28	5,70	3,76	2,63	3,13	1,91
K^2O......	5,31	5,91	6,16	5,39	5,12	5,68	3,93	2,76	1,94	1,51	1,10
TiO^2.....	0,36	0,40	0,59	0,61	1,18	0,70	1,22	2,80	3,00	4,20	3,30
P^2O^5.....	0,05	0,07	0,09	0,08	0,17	0,12	0,56	0,67	0,55	0,47	0,24
$H^2O(-)$..	0,29	0,82	0,81	1,07	0,82	1,18	0,60	0,96	1,91	1,54	1,91
» (—)..	0,23	0,64	0,59	0,49	0,59	0,92	1,44	0,81	2,07	1,56	2,46
MnO.....	0,04	0,13	0,20	0,08	0,10	0,17	0,15	0,26	0,25	0,10	0,19
	100,34	100,48	100,34	100,22	100,22	100,30	100,32	100,10 (1)	100,23	100,28 (2)	100,18
SiO^2 libre %	5,8	6,2	5,3	»	»	0,4	2,2	»	1,4	1,8	»
Né %......	»	»	»	0,1	1,6	»	»	»	»	»	»
An %......	8	»	»	»	10	19	28	42	56	45	57
Σ_b.........	3	3,6	5,1	3,9	10,6	8,4	13,2	24,8	32,4	37,3	50,7

(1) CO^2, 0,59. (2) CO^2, 0,15.

Il n'en est plus de même pour l'île Ua-Pu; le petit nombre d'échantillons étudiés consistent en basalte doréitique β, associé à une *phonolite*, d'un vert poireau, à cassure uniforme, aphyrique, rappelant par son aspect certaines tinguaïtes. Au microscope, elle semble au premier abord peu cristalline, car tous ses minéraux sont fort petits. Quelques phénocristaux microscopiques corrodés de sanidine et de diopside incolore sont clairsemés dans une pâte formée de prismes hexagonaux de néphéline très abondants, de lamelles d'orthose et de menus grains et baguettes d'ægyrine et d'augite ægyrinique; il existe aussi de la sodalite et de l'analcime. Cette roche est très hétérogène; elle possède une structure eutaxitique rappelant celle des rhyolites ayant pris localement une haute cristallinité par autopneumatolyse. On y voit notamment des amandes à plus grands éléments bordées par des aiguilles d'ægyrine pointant vers l'intérieur formé par de l'analcime englobant parfois des cristaux de *lavénite*. Par sa richesse en néphéline, cette roche doit être comparée à celle de Rarotonga (archipel de Cook), et l'analyse donnée ci-après montre qu'il s'agit là de la phonolite la plus riche en soude du Pacifique.

Hua Huka :

12. *Trachyte α*, Haave .... I.'5.'2(3)4.
13. *Basalte porphyrique à labrador*, Vaipae... II'[5.3'(3)4][3'.1.2'.2']
14. *Basalte labradorique*, Haave............. (II)III[5.3'.'4][2'.'3.2.2(3)]
15. *Basalte ankaramitique*, Haave........... III(IV)[5.4.4][2.(1)2.2.2]

Ua-Pu :

16. *Basalte β*, Hikea........................ II(III)[5.3'.3(4)][(2)(3).(1)2.2.2]
17. *Phonolite*, Hakahetau.................... I'.6.1.4.

	12.	13.	14.	15.	16.	17.
SiO^2..........	60,18	45,74	45,24	43,96	46,52	54,74
Al^2O^3.........	18,82	16,76	16,17	11,06	16,00	22,01
Fe^2O^3.........	4,25	9,39	4,52	5,29	5,56	2,72
FeO...........	0,59	2,83	6,86	6,37	4,20	1,26
MgO...........	0,16	3,24	7,01	12.88	6,04	0,11
CaO...........	2,18	9,02	9,76	11,88	10,40	1,62
Na^2O..........	6,06	2,73	2,75	1,26	2,45	9,76
K^2O..........	5,27	2,24	1.95	0,57	2,45	5.53
TiO^2..........	0.76	4.16	3,22	2,36	2,78	0,41
P^2O^5..........	0.19	0,61	0,48	0,32	0.50	0,19
H^2O (+).......	0,66	1,55	1,41	1.22	1,39	0.91
» (−).......	0,82	1.25	0,68	1,77	1,02	0,14
MnO...........	0,17	0,21	0,19	0,19	0,23	0,19
	100,11	100,23	100,24	100,15 (1)	100,32 (2)	99,29 (3)
SiO^2 libre %...	0,5	2,0	»	»	»	»
An. %........	14	54	58	68	54	28,1
Né %.........	»	»	2,4	»		
Σ_b.............	7,3	31,9	38,7	58,4	35,4	7,7

(1) CO^2 0,80; (2) CO^2 0,78; (3) Cl 0,34.

L'existence de cette roche prouve que Ua-Pu constitue un centre distinct lithologiquement des volcans des deux autres îles du groupe; il a été alimenté par un magma chimiquement un peu différent, ou dans quoi la différenciation a été poussée plus loin dans le sens alcalin et déficitaire en silice, de même que Moorea n'est pas lithologiquement identique à l'île si voisine de Tahiti. Il n'est pas sans intérêt de remarquer à cette occasion que Ua-Pu est séparée de Nuku-Hiva par une fosse de plus de 2500m de profondeur.

Archipel Tubuai ou austral. — Cet archipel, situé au sud de Tahiti, est constitué par six îles principales : Maria, Rimatara, Rurutu, Tubuai, Raivavæ et Rapa, distribuées sur 950 milles de l'Ouest-Nord-Ouest à l'Est-

Sud-Est. Rapa et Rurutu seules ont été étudiées lithologiquement; d'après les observations de MM. Smith et Chubb et l'étude des roches qu'ils ont bien voulu me communiquer, j'ai rattaché ces deux îles à la série intermédiaire.

Des échantillons recueillis par M. Droppe, à l'île Tubuai, permettent de montrer que celle-ci doit être comparée plutôt à Tahiti. Toutes ses roches, en effet, renferment de la néphéline, au moins virtuelle. Les laves à facies basaltique y prédominent, ce sont des basaltes basanitoïdes aphyriques et des ankaramites-océanites. Elles sont accompagnées par une *phonolite*, riche en ænigmatite et en augite ægyrinique qui, au point de vue de sa teneur en néphéline, est intermédiaire entre celles de Tahiti et celle de Ua-Pu. Voici les analyses de ces laves :

18. *Phonolite*, près Mataura.................. (I)II.'6.1.4.
19. *Basalte basanitoïde*...................... 'III]5(6).(3)4.4][2'.3.2.3]
20. » Terre Tauipata, Mahu.. 'III[(5)6.3'.4][2.2.2.1(2)]
21. *Ankaramite*, Terre Teuro, Mataura....... IV[5'.4.4][(1)2.'3.2.2]

	18.	19.	20.	21.
SiO^2	56,12	41,42	43,48	42,60
Al^2O^3	18,59	16,55	16,67	8,61
Fe^2O^3	3,24	4,16	3,56	4,91
FeO	3,79	10,59	9,11	8,12
MgO	0,16	5,78	4,60	17,37
CaO	2,64	10,96	11,70	13,22
Na^2O	8,59	2,97	3,49	0,95
K^2O	3,32	1,05	1,36	0,55
TiO^2	0,58	3,58	3,08	2,00
P^2O^5	0,24	0,55	0,58	0,20
H^2O (+)	2,16	1,28	1,21	0,84
» (—)	0,47	0,52	0,52	0,42
MnO	0,26	0,23	0,23	0,22
CO^2	»	0,48	0,44	0,42
	100,21 (1)	100,12	100,03	100,43
An %	»	68	65	82
Né %	13,8	6,5	8,4	2,5
Σ_b	14,6	42,5	41,1	71,5

(1) Cl 0,05; SO^3 néant.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Les prix Nobel en* 1926 ;

2° Jac. Berzelius. *Lettres*, publiées au nom de l'Académie royale des Sciences de Suède, par H.-G. Söderbaum. XI. *Correspondance entre* Berzelius *et* Nils Nordenskiöld (1817-1847) avec un résumé en français.

THÉORIE DES PROBABILITÉS. — *Sur un critérium de la convergence stochastique des ensembles de valeurs éventuelles.* Note (¹) de M. **Eugène Slutsky**, présentée par M. Émile Borel.

Soit donné un ensemble de variables éventuelles X_h dont la distribution de probabilités dépend d'un paramètre h et soit qu'à chaque valeur de h dans un intervalle donné (a, b) corresponde une épreuve dont le résultat est la réalisation d'une valeur éventuelle x_h, h étant $> k > 0$. Nous supposons que les espérances mathématiques $E(x_h - x_k)$ et $E(x_h - x_k)^2$ tendent uniformément vers o avec h. *Dans ces conditions la probabilité de l'existence, pour chaque suite de* x_h, *d'un nombre* A *qui est la limite stochastique de* x_h *est égal à l'unité.*

I. Observons d'abord qu'en vertu d'un théorème célèbre de Markoff les conditions limites ci-mentionnées nous donneront immédiatement

$$P\{|x_h - x_k| < \varepsilon\} > 1 - \eta, \tag{1}$$

quelque petits que soient les nombres donnés ε et η pourvu que h $(h > k > 0)$ soit suffisamment petit.

Soient $\varepsilon_1 > \varepsilon_2 > \ldots$, $\eta_1 > \eta_2 > \ldots$ et $h_1 > h_2 > \ldots$ les suites de nombres positifs tels que les séries $\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \ldots$ et $\eta_1 + \eta_2 + \ldots$ se convergent et que ε_i, η_i, h_i satisfassent l'inégalité (1). Posons $x_i = x_{h_i}$. Les probabilités respectives des inégalités

$$x_i - \varepsilon_i < x_{i+1} < x_i + \varepsilon_i \quad (i = m, m+1, \ldots, n), \tag{2}$$

(¹) Séance du 17 juillet 1928.

étant $P_i > 1 - \delta_i$, nous désignons par $P_{m,n}$ la probabilité que toutes ces inégalités sont satisfaites à la fois. En tenant compte que par un théorème de Boole $P_{m,n} \geqq 1 - \sum_m^n \delta_i$ et *a fortiori* $\geqq 1 - \sum_m^\infty \delta_i = 1 - \Theta_m$ nous aurons $P_{m,m-1} \geqq P_{m,m+2} \geqq \ldots P_{m,n} \geqq 1 - \Theta_m$. La dernière quantité étant positive pour m suffisamment grand, il est évident que $P_{m,n}$ a une limite

$$P_{m,\infty} \geqq 1 - \Theta_m, \tag{3}$$

où Θ_m tend vers o quand m croît indéfiniment.

$P_{m,\infty}$ étant la probabilité que toutes les inégalités

$$x_i - \varepsilon_i < x_{i+1} < x_i + \varepsilon_i \qquad (i = m, m+1, \ldots, \infty) \tag{4}$$

sont satisfaites, désignons par $Q_{m,\infty} = 1 - P_{m,\infty} \leqq \Theta_m$ la probabilité d'un cas contraire et par $Q_{m,\infty}^{(\infty)}$ la probabilité que le nombre des inégalités (4) qui ne sont pas satisfaites est infini. Mais il est évident que cette probabilité doit avoir la même valeur pour toutes les valeurs de m et que $Q_{m,\infty}^{(\infty)} \leqq Q_{m,\infty} \leqq \Theta_m$; d'où il suit que $Q_{m,\infty}^{(\infty)} = 0$. Donc, abstraction faite d'un cas de la probabilité o, il doit exister pour chaque suite $x_1, x_2, \ldots$ effectivement obtenue un nombre fini m tel que toutes les inégalités (4) soient satisfaites (¹).

2. Dans ces conditions nous aurons *a fortiori*

$$x_i - \lambda_i < x_{i+k} < x_i + \lambda_i \qquad (i = m, m+1, \ldots, \infty), \tag{5}$$

où $\lambda_i = \sum_i^\infty \varepsilon_i$ et k est un nombre entier positif quelconque. Soit $\alpha_m = x_m - \lambda_m$; α_{m+1} soit le plus grand des nombres α_m et $x_{m+1} - \lambda_{m+1}$; etc. Soit $\beta_m = x_m + \lambda_m$; β_m soit le plus petit des nombres β_m et $x_{m+1} + \lambda_{m+1}$; etc. Alors *a fortiori*

$$\alpha_i < x_{i+1} < \beta_i \qquad (i = m, m+1, \ldots, \infty), \tag{6}$$

où

$$\alpha_m \leqq \alpha_{m+1} \leqq \ldots; \quad \beta_m \geqq \beta_{m+1} \geqq \ldots$$

et

$$\lim (\beta_n - \alpha_n) = 0.$$

(¹) Les considérations analogues s'appliquent à tous les cas assujettis à la loi forte de grands nombres (l'expression heureuse de M. KHINTCHINE, *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 285), laquelle, après être établie pour le cas bernoullien par M. Borel, a été étudiée pendant les dernières années par M. Cantelli, M. Khintchine, M. Steinhaus, et par l'auteur de cette Note (*Metron*, vol. V, nº 3, 1925, chap. IV, p. 64).

Donc, en tenant compte du paragraphe 1, on voit qu'il existe *presque toujours* un nombre A qui est la limite de la suite $x_m, x_{m+1}, \ldots$.

Regardons maintenant le nombre m comme un nombre défini, donné arbitrairement. Alors la probabilité de l'existence des inégalités (4) et *a fortiori* des inégalités $x_m - \lambda_m \leqq A \leqq x_m + \lambda_m$ et $x_m - \lambda_m < x_n < x_m + \lambda_m$, où $n > m$, sera déterminée par (3) comme étant $\geqq 1 - \Theta_m$.

Nous aurons donc

$$(7) \qquad P\{|x_n - A| < 2\lambda_m\} \geqq 1 - \Theta_m,$$

$2\lambda_m$ et Θ_m étant si petits qu'on veut pourvu que m soit suffisamment grand. Or n étant encore à notre disposition, choisissons deux nombres ε et $\mathfrak{z}$ si petits qu'on veut et trouvons un nombre h (qui ne doit pas en général être contenu dans la suite $h_1, h_2, \ldots$) suffisamment petit et un nombre n suffisamment grand pour que, n étant $> m$ et $h < h_n$, l'inégalité

$$(8) \qquad P\{|x_n - x_h| < \varepsilon\} > 1 - \mathfrak{z},$$

qui n'est autre chose que l'inégalité (1), soit satisfaite. On conclut alors, en appliquant le théorème de Boole à (7) et (8), que la probabilité de l'existence simultanée des inégalités en parenthèses $\geqq 1 - (\Theta_m + \mathfrak{z})$. *A fortiori*

$$(9) \qquad P\{|x_h - A| < 2\lambda_m + \varepsilon\} > 1 - (\Theta_m + \mathfrak{z}).$$

Le nombre h étant choisi arbitrairement pourvu qu'il soit suffisamment petit et $2\lambda_m + \varepsilon$ et $\Theta_m + \mathfrak{z}$ étant si petits qu'on veut, notre théorème est donc démontré.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur une égalité dans la théorie des fonctions entières.* Note [1] de M. **Silvio Minetti**.

M. Landau, dans une Note fort intéressante, établit le résultat que la série $\sum \frac{1}{r_n^{p+1}}$ et l'intégrale $\int_0^\infty \frac{\mathfrak{M}_r}{r^{p+2}} dr$ sont en même temps convergentes ou divergentes [2].

(1) Séance du 30 juillet 1928.

(2) Voir J. Hadamard et E. Landau, *Sulle funzioni intere di genere finito* (*Rend. R. Accademia dei Lincei, Classe di Scienze, etc.*, 6e série, 6, I-II, juillet 1927, p. 3); r_n désigne le module du $n^{\text{ième}}$ zéro de la fonction entière que l'on envisage. Pour la signification du symbolisme ici adopté je renvoie à la Note de MM. Hadamard et Landau citée plus haut, et à mes Notes : *Le condizioni necessarie e sufficienti perche, etc.* (*Rend. R. Acc. dei Lincei*, 6e série, 6, 2e semestre 1927, p. 268, et *Ibid.*, 6e série, 7, 1927, p. 36 et 392).

J'ai employé ce résultat pour établir une condition nécessaire et suffisante afin qu'une fonction entière ait un genre et un ordre réel bien déterminés. Plus, en général, on peut affirmer la même conclusion pour les expressions $\sum \frac{1}{r_n^{\rho+\varepsilon}}$ et $\int_0^\infty \frac{\mathfrak{M}_r}{r^{\rho+1+\varepsilon}} dr$ [1].

Dans cette Note je vais exposer une simple remarque, que je crois intéressante, à l'aide de laquelle on peut conclure *que la série et l'intégrale citées ci-dessus, au facteur constant* $(\rho+\varepsilon)^2$ *près, sont égales*.

On a, en effet,

$$\begin{aligned}\sum_{r_n \leqq t} \frac{1}{r_n^{\rho+\varepsilon}} &= (\rho+\varepsilon)^2 \int_0^\infty \frac{dr}{r^{\rho+1+\varepsilon}} \sum_{r_n \leqq \min(t,r)} \log \frac{r}{r_n} \\ &= (\rho+\varepsilon)^2 \int_0^t \frac{dr}{r^{\rho+1+\varepsilon}} \sum_{r_n \leqq r} \log \frac{r}{r_n} \\ &\quad + (\rho+\varepsilon)^2 \int_t^\infty \frac{dr}{r^{\rho+1+\varepsilon}} \sum_{r_n \leqq \min(t,r)} \log \frac{r}{r_n}.\end{aligned}$$

Mais, lorsqu'on fait varier r entre t et ∞, on a

$$\sum_{r_n \leqq \min(t,r)} \log \frac{r}{r_n} = \log \frac{r^s}{r_1 r_2 \ldots r_s} = s \log r - \sum_1^s \log r_i \quad [2],$$

où s désigne le nombre (constant) des zéros dont le module ne dépasse pas t.

On obtient alors

$$\begin{aligned}\sum_{r_n \leqq t} \frac{1}{r_n^{\rho+\varepsilon}} &= (\rho+\varepsilon)^2 \int_0^t \frac{\mathfrak{M}_r}{r^{\rho+1+\varepsilon}} dr \\ &\quad + (\rho+\varepsilon)^2 s \int_t^\infty \frac{\log r}{r^{\rho+1+\varepsilon}} dr - (\rho+\varepsilon)^2 \sum_1^s \log r_i \int_t^\infty \frac{dr}{r^{\rho+1+\varepsilon}},\end{aligned}$$

et comme les deux dernières intégrales sont certainement convergentes pour $\rho \geqq 0$ si $\varepsilon > 0$, et pour $\rho > 0$ si $\varepsilon \geqq 0$, on en conclut

$$(1) \qquad \sum_{r_n \leqq t} \frac{1}{r_n^{\rho+\varepsilon}} = (\rho+\varepsilon)^2 \int_0^t \frac{\mathfrak{M}_r}{r^{\rho+1+\varepsilon}} dr + \sigma(t) \qquad \text{avec } \lim_{t \to \infty} \sigma(t) = 0.$$

---

(1) Voir mes Notes citées plus haut.

(2) On suppose, naturellement, $f(0) = 1$.

A la limite, pour $t \to \infty$, on a donc

$$\sum \frac{1}{r_n^{\rho+\varepsilon}} = (\rho+\varepsilon)^2 \int_0^{\infty} \frac{\mathfrak{M}_r}{r^{\rho+1+\varepsilon}} dr.$$

En particulier, de la condition (1) *découle que les expressions* $\sum \frac{1}{r_n^{\rho+\varepsilon}}$ *et* $\int_0^{\infty} \frac{\mathfrak{M}_r}{r^{\rho+1+\varepsilon}} dr$ *sont ensemble divergentes ou convergentes, et dans le premier cas qu'elles sont asymptotiques de façon que leur différence aboutisse à zéro.*

C'est à l'aide de cette simple remarque que je suis parvenu à établir l'allure de la croissance de la valeur moyenne $\mathfrak{M}_r$.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les lois de combustion des poudres colloïdales.* Note [1] de M. HENRI MURAOUR, transmise par M. Ch. Moureu.

Nous avons précédemment montré que les mêmes lois de combustion s'appliquent à des poudres colloïdales possédant des températures d'explosion très différentes (de 1900° à 3800° absol.) [2] et que l'aire totale $\int p\,dt$ de la courbe pression temps peut, pour une poudre donnée, être considérée comme une caractéristique pratiquement indépendante du refroidissement par les parois et de la densité de chargement (la pression maximum variant de 1000 à 4000^{kg} par centimètre carré.

On peut se demander comment varie le $\int p\,dt$ d'une poudre quand à une partie de cette poudre on substitue, dans la bombe, une poudre plus vive à température d'explosion beaucoup plus élevée.

On a généralement admis jusqu'ici que dans ces conditions la vitesse de combustion de la poudre à basse température devait être augmentée, la surface de la poudre étant échauffée par des gaz à plus haute température [3]. Nous avons repris l'étude de cette question en faisant brûler en vase clos (bombe Vieille) une poudre à très basse température d'explosion (environ 1900° absol.), une première fois avec une poudre vive de même

(1) Séance du 17 juillet 1928.

(2) Voir *Bulletin de la Société chimique de France*, 39, 1926, p. 841, 981, 1115, 1711 et 41, 1927, p. 1451.

(3) Voir BOURGOIN, *Comptes rendus*, 174, 1922, p. 534.

composition, une seconde fois avec une poudre vive possédant une température d'explosion beaucoup plus élevée (environ 3800° absol.). Les résultats sont consignés dans le tableau suivant, les aires étant exprimées en kilogrammes par centimètre carré et par seconde.

Charge de la bombe.	Aire totale.
Expérience A (type).	
Poudre tubulaire à basse température	37,1
Expérience B (type).	
50 pour 100 poudre tubulaire à basse température; 50 pour 100 poudre vive à *basse* température	35,3
Expérience C.	
50 pour 100 poudre tubulaire à basse température; 50 pour 100 poudre vive tubulaire à *haute* température	35,4
Expérience D.	
1/3 poudre tubulaire à basse température; 2/3 poudre vive tubulaire à *haute* température	37,1
Expérience E.	
1/4 poudre tubulaire à basse température; 3/4 poudre vive tubulaire à *haute* température	34,3

Les différences observées sont de l'ordre des erreurs d'expériences.

Le remplacement d'une partie de la poudre froide par une poudre vive très chaude a donc été sans influence sur la valeur du $\int p\,dt$ de la poudre froide, c'est-à-dire sur la vitesse de la combustion.

De ces essais on peut tirer la conclusion suivante :

L'aire totale $\int p\,dt$ *caractéristique d'une poudre donnée n'est pas modifiée si, à une partie de cette poudre, on substitue une poudre de vivacité différente, quelle que soit la température des gaz émis par la poudre ajoutée.*

L'explication la plus simple du phénomène observé nous paraît être la suivante : Par suite de l'émission continue, la masse gazeuse qui entoure les brins ne peut entrer en contact avec la surface de la poudre. Celle-ci n'est portée à sa température de décomposition que par la couche gazeuse immédiatement en contact et émise par elle.

La masse gazeuse qui entoure les brins de poudre en combustion agit donc uniquement par sa pression et non par sa température.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'action de l'azote sur le manganèse.* Note (¹) de M. G. **Valensi**, présentée par M. Perrin.

I. Du manganèse pyrophorique, obtenu par distillation de son amalgame, chauffé sous 760^{mm} d'azote pur, absorbe des quantités de ce gaz qui sont fonction de la température. Conformément à la figure 1, elles décroissent régulièrement depuis 15^{g},5 pour 100^{g} de Mn à 390°, seuil expérimental de la réaction, jusqu'à 6^{g} à 1030°. On peut très facilement, par déplacements de température dans les deux sens, retrouver les mêmes teneurs. Ces résultats ont aussi été contrôlés par des analyses d'azote ammoniacal, après

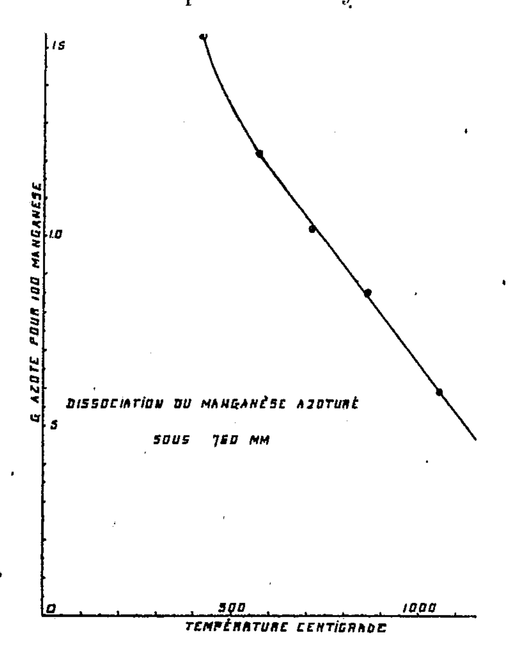


Fig. 1. — Absorption de l'azote par le manganèse sous la pression de 760^{mm}.

refroidissement brusque et attaque chlorhydrique des produits défournés.

Ceci explique la multitude de formules d'azotures qui ont été proposées : Mn^3N^2 [Haber et Van Oordt (²)], Mn^5N^2 [Prelinger (³)], Mn^7N^2 [Wedekind et Veit (⁴)].

(¹) Séance du 23 juillet 1928.

(²) Haber et Van Doordt, *Zeits. f. an. Ch.*, 44, 1905, p. 357.

(³) Prelinger, *Mon. f. Ch.*, 15, 1894, p. 391.

(⁴) Wedekind et Veit, *Ber. D. Ch. G.*, 41, 1908, p. 3769.

II. La dissociation du produit le plus riche obtenu a été étudiée à diverses températures, en calculant, d'après le volume de l'appareil, le titre exact correspondant à chaque mesure de pression. Toutes les mesures ont été faites : 1° à l'échauffement; 2° au refroidissement. Les équilibres sont d'ailleurs très vite atteints. Le réseau d'isothermes de la ligne 2 représente nos

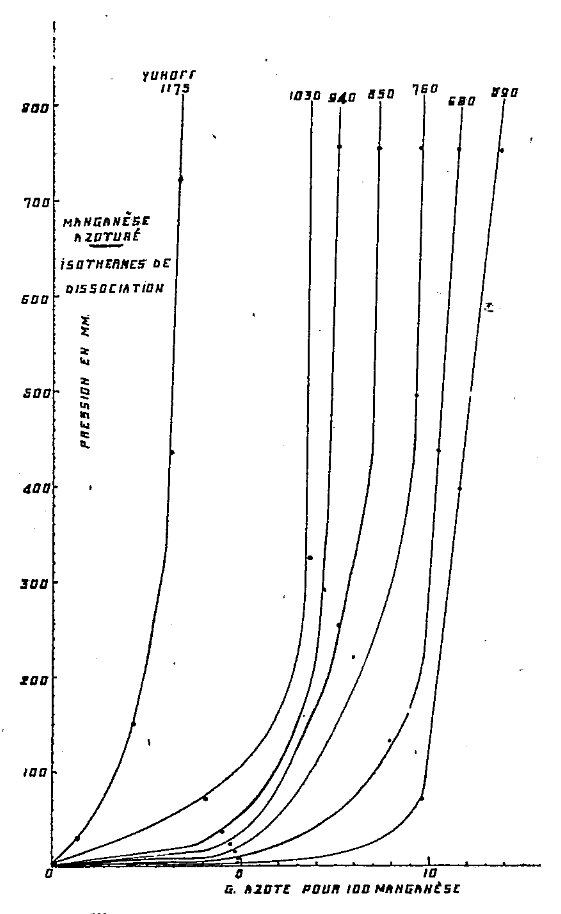


Fig. 2. — Dissociation du Mn azoturé.

résultats. Nous y avons joint la courbe 1175°, déjà publiée par Yukoff (¹); cet auteur donne aussi des mesures à 910°, qui s'intercalent assez bien entre nos isothermes 850 et 940.

III. Si l'on compare ce réseau au réseau chrome-azote que nous avons précédemment établi (²), on voit que les courbes ont des formes très ana-

(¹) Yukoff, *J. Soc. ph. russe*, **40**, 1908, p. 455; **42**, 1910, p. 40.

(²) G. Valensi, *Comptes rendus*, **187**, 1928, p. 293.

logues aux branches descendantes de gauche de ce dernier réseau. Elles représenteraient donc soit des solutions d'azote dans le manganèse, soit plutôt des solutions d'un azoture. La formule véritable de cet azoture est encore inconnue; elle est toutefois plus riche en azote que Mn^3N^2, admise en général jusqu'ici. De plus, pour le préparer, il doit falloir avoir recours à des pressions élevées. Jusqu'à 1 atmosphère et demie, nous n'avons pas obtenu de résultat positif.

Errata. — Dans notre Note du 30 juillet 1928, page 296, *au lieu de* $\beta = -88,444$, *lire* $\beta = -88\,444$.

PHYSICO-CHIMIE. — *Anomalies du recuit après écrouissage du cuivre et des laitons.* Note de M. **Eugène**, présentée par M. Léon Guillet.

M. P. Nicolau a signalé (1) une anomalie de la dureté qui marque la fin de la zone de germination du recuit du cuivre et des laitons écrouis. En procédant à l'étude systématique de l'influence du recuit sur les propriétés mécaniques de ces métaux nous avons constaté :

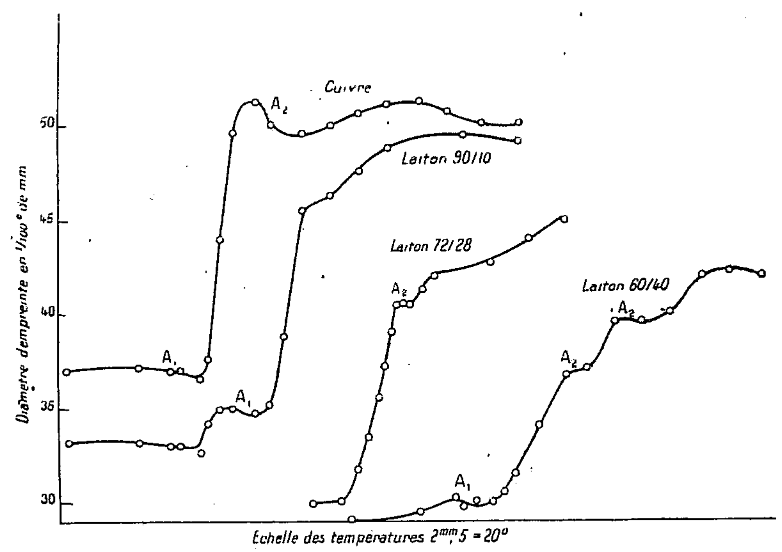


Fig. 1. — Influence du recuit sur la dureté du cuivre pur et des laitons écrouis. Dureté mesurée par une bille de 158mm sous 10kg pendant 15 secondes.

1° Que cette anomalie affecte non seulement la dureté (*fig.* 1), mais encore l'aptitude à l'emboutissage caractérisée par la flèche avant rupture

(1) *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 696.

à l'essai Ericksen (*fig.* 2) et, à un degré moindre, l'allongement pour 100 à l'essai de traction lente;

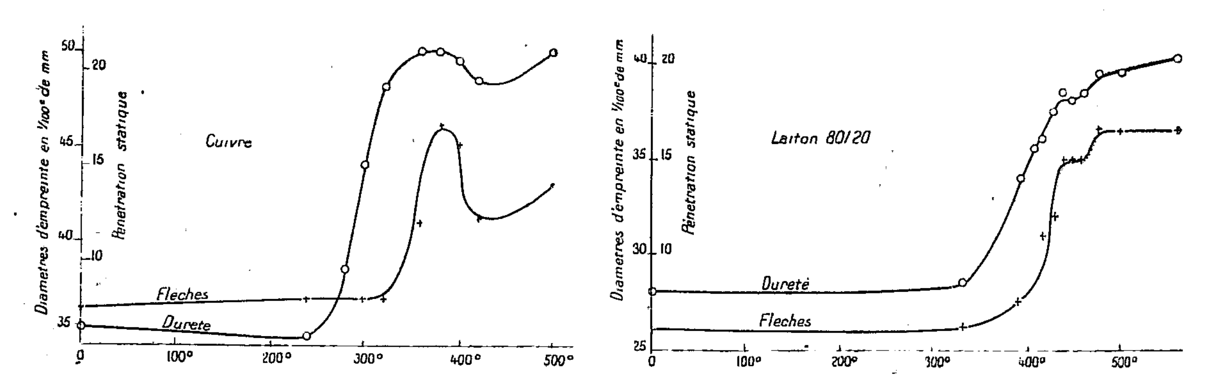


Fig. 2. — Influence du recuit sur l'emboutissage statique d'Ericksen du cuivre pur et du laiton 80/20 écroüis.

2° Qu'une anomalie présentant les mêmes caractéristiques se manifeste immédiatement avant le début de la zone de germination.

Dans le cuivre pur, l'anomalie A_2 qui marque la fin de la zone de germination est, toutes choses égales d'ailleurs, plus intense que l'anomalie A_1 qui précède cette zone. Au minimum de dureté de A_2 correspond le maximum de la malléabilité après recuit (A pour 100 et flèche à l'essai Ericksen). *Le recuit correspondant à A_2 est donc le plus favorable pour l'emboutissage du cuivre.*

L'addition de zinc diminue l'intensité de A_2 et augmente celle de A_1. Contrairement à ce qu'on observe pour le cuivre, la malléabilité du laiton croît au delà de A_2 jusqu'à la zone du recuit complet. Dans le laiton 60/40, A_2 est marqué par deux paliers successifs des courbes de dureté et d'emboutissage, qui paraissent correspondre respectivement à chacune des deux phases α et γ.

L'examen micrographique paraît montrer que les dernières particules de la phase écrouie disparaissent en A_2.

Une étude précise faite avec l'appareil Saladin-Le Chatelier confirme que la recristallisation du cuivre et des laitons écrouis s'opère bien sans absorption ni dégagement de chaleur, ainsi que l'a indiqué M. Charpy, tant en A_1 et A_2 que dans la zone de germination proprement dite. Cependant, nous avons constaté (*fig.* 3), par des essais dilatométriques au dilatomètre différentiel de M. Chevenard, que cette recristallisation est accompagnée d'une variation de volume qui paraît commencer avant A_1 et finir avant A_2.

Il est à remarquer que A_1 et A_2 s'opposent à un changement d'état et sont d'autant plus intenses que le degré d'écrouissage initial est plus élevé. Ces

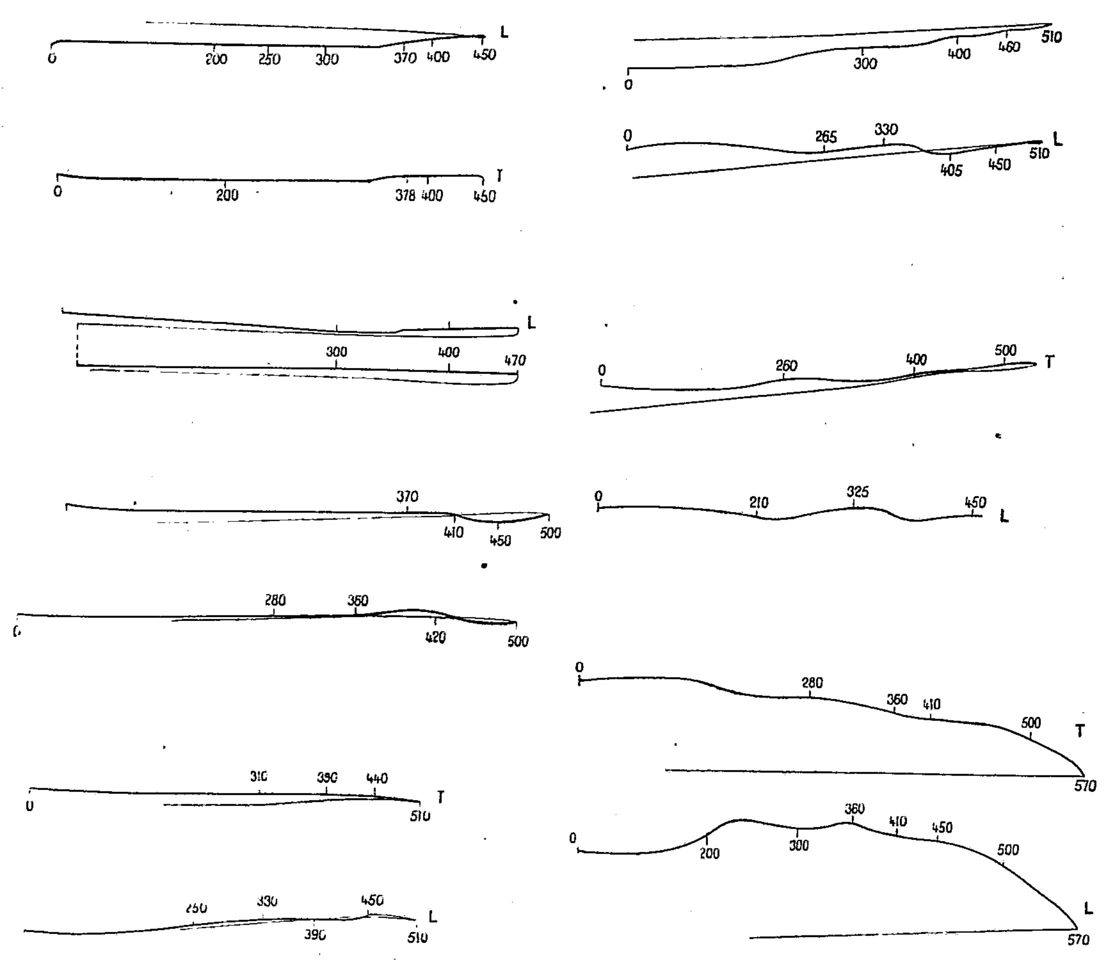


Fig. 3. — Étude dilatométrique du recuit du cuivre et des laitons écrouis.

anomalies paraissent obéir à la loi des déplacements de l'équilibre, quoiqu'elles accompagnent un changement d'état non réversible et n'apportent aucune réaction thermique.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'aluminate tricalcique hydraté.* Note [1] de MM. **A. Travers** et **Sehnoutka**, présentée par M. Matignon.

L'existence d'un aluminate tricalcique *hydraté* a été mise en doute par un certain nombre d'auteurs. On ne trouve cités dans la littérature que l'aluminate bicalcique hydraté d'Allen [2], et des aluminates plus basiques que le tricalcique.

En raison de l'importance des aluminates hydratés dans la prise des ciments, et particulièrement de celle du ciment fondu, nous avons été amenés à reprendre leur étude.

Nous avons d'abord essayé de reproduire l'aluminate *bicalcique* hydraté d'Allen, de nouveau décrit par M. Lafuma [3] comme constituant de prise du ciment *fondu*.

En reprenant les expériences d'Allen (action de l'aluminium sur l'eau de chaux), nous n'avons pu précipiter que la chaux cristallisée. L'attaque par l'aluminium des solutions saturées d'eau de chaux est insignifiante à froid, et, si l'on chauffe, la solubilité de la chaux diminuant, on précipite presque uniquement l'hydrate de chaux.

Les auteurs qui ont essayé de préparer les aluminates de chaux hydratés sont partis en général des *sels anhydres*, obtenus par fusion : c'est le cas en particulier de M. Lafuma.

Ce dernier, par exemple, part de ciment fondu ou des aluminates anhydres, Al^2O^3CaO, $3Al^2O^3.5CaO$, qu'il agite avec de l'eau; il filtre, rajoute au filtrat de la chaux vive *solide*, et étend la solution jusqu'à ce qu'elle renferme un titre donné en chaux. Ce procédé nous paraît défectueux :

1° Il est assez difficile d'avoir au départ des espèces solides exactement définies, sans excès d'alumine ou de chaux libres.

2° En rajoutant de la chaux *solide* à la solution filtrée de ces aluminates, on risque de ne pas éliminer totalement l'excès de chaux libre, et d'analyser des mélanges au lieu d'espèces définies.

Nous avons cru qu'il serait prudent de préparer ces aluminates à partir *de solutions très diluées*, ce qui permettrait en même temps d'obtenir des

(1) Séance du 6 août 1928.

(2) *Amer. Chem. Journal*, 24, 1900, p. 304.

(3) *Thèse*, Paris, 1925.

cristaux très nets, au lieu du corps de dépôt complexe qu'on obtient à partir de solutions concentrées.

C'est dans ces conditions que nous avons pu reproduire avec la plus grande facilité l'aluminate tricalcique hydraté *parfaitement pur*, considéré comme inexistant par M. Lafuma.

Préparation. — Les matières premières utilisées ont été :

a. L'aluminate de potassium hydraté $AlO^2K.3H^2O$ qu'on peut obtenir facilement pur (à 99,5 pour 100) [1], on emploie des solutions $\frac{M}{30}$, soit 5^g au litre.

b. Des solutions de nitrate de chaux $(NO^3)^2Ca.4H^2O$ $\frac{M}{47}$, soit 5^g au litre.

c. A la solution de nitrate on ajoute, par litre, 100 à 150^{cm^3} d'eau de chaux saturée.

On mélange 1^l de la solution *a*, avec 1^l,100 du mélange *b* et *c*. On obtient au bout de quelques heures de superbes aiguilles (analogues au sulfoaluminate de Candlot), et répondant à la formule

$$Al^2O^3.3CaO.21H^2O.$$

Le pH de la solution où elles prennent naissance est de 11,57.

Si la proportion d'eau de chaux est moindre (50^{cm^3} par exemple), on précipite un mélange d'alumine et d'aluminate tricalcique.

L'alumine microcristalline, $Al(OH)^3$, est reconnaissable à sa propriété de ne pas se dissoudre à froid dans l'acide chlorhydrique $\frac{N}{10}$, l'aluminate se dissolvant intégralement.

Si la proportion d'eau de chaux atteint 200^{cm^3} (pH de la solution mère 11,62) on voit apparaître, à côté des aiguilles précédentes, d'autres formes cristallines, que nous étudierons dans une prochaine Note.

L'aluminate tricalcique hydraté a donc un domaine de préparation (zone de pH) très *étroit*, ce qui explique sans doute qu'on ne l'ait pas encore observé, car on obtient beaucoup plus facilement les sels plus basiques que le tricalcique.

On peut fixer la zone de pH où il se forme entre 11,55 et 11,62.

Nous étudierons dans un Mémoire détaillé sa solubilité dans l'eau et sa résistance à l'action de certains sels.

Dans des Communications ultérieures, nous indiquerons les relations entre cet aluminate hydraté et les solutions de l'aluminate *tricalcique anhydre*, qu'on suppose exister dans le Portland.

---

(1) Le reste est du CO^3K^2.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Détermination de la configuration spatiale d'un couple d'isomères* cis-trans-*éthyléniques*. Note (¹) de MM. **Bourguel** et **Rambaud**, transmise par M. Charles Moureu.

Il s'agit d'un groupe de deux γ-glycols tertiaires isomères, les tétraméthylbutènediols

$$\frac{CH^3}{CH^3}\!\!>\!COH - CH = CH - COH\!<\!\!\frac{CH^3}{CH^3}.$$

Ces deux glycols ont été préparés pour la première fois par M. Salkind (²) dans la semi-réduction du γ-glycol acétylénique correspondant, au moyen du palladium colloïdal de Paal. L'isomère α fond à 76-77°, l'isomère β à 69-70° et M. Salkind a cru devoir attribuer au glycol α la constitution *cis* et au glycol β la constitution *trans*. Il se basait sur la remarque suivante (³) : les deux composés perdent, sous l'influence de SO^4H^2 à 25 pour 100 à 100°, sous celle de l'iode à 120°, une molécule d'eau et donnent tous les deux le même γ-oxyde

$$\begin{array}{c} CH = CH \\ \frac{CH^3}{CH^3}\!\!>\!C \quad\quad C\!<\!\!\frac{CH^3}{CH^3} \\ \diagdown\;O\;\diagup \end{array}$$

mais la déshydratation est plus rapide dans le cas du corps α.

D'autre part l'un de nous (⁴), étudiant la semi-réduction catalytique des composés acétyléniques au moyen d'un palladium colloïdal, n'avait jamais constaté la formation du dérivé *trans*, dans les sept cas étudiés : acides, carbure, alcool. Le tétraméthylbutinediol seul faisait exception : il ne lui donnait qu'un glycol, contrairement au catalyseur de Salkind, mais ce glycol était l'isomère β, *trans* d'après le savant russe.

Nous avons repris l'étude de la configuration spatiale du couple des tétraméthylbutènediols et nous sommes arrivés aux conclusions suivantes qui contredisent formellement celles de M. Salkind.

Le glycol β (F = 69°-70°) est l'isomère *cis*; le glycol α (F = 76°-77°) n'est pas un composé défini, mais une *solution solide* du *cis* et d'un glycol

(¹) Séance du 17 juillet 1928.

(²) Salkind, *J. Ph. Chim. russe*, 45, p. 1875.

(³) Salkind, *Berichte d. d. Gesellschaft*, 56, 1923, p. 187.

(⁴) Bourguel, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1753. — Bourguel et Yvon, *Ibid.*, 182, 1926, p. 2281.

trans que nous avons isolé, qui fond à 101°, et que nous appellerons ici glycol γ; la solution solide est formée d'environ 83 pour 100 de β et de 17 pour 100 de γ.

Nous sommes arrivés à ce résultat en étudiant quantitativement la déshydratation interne des isomères α et β. Nous avons constaté que la déshydratation est due à l'influence catalytique des ions hydrogène et nous avons pu mesurer à chaque instant la vitesse de réaction à l'aide d'une technique que nous décrirons ultérieurement.

Le glycol β se déshydrate suivant la loi logarithmique des réactions monomoléculaires $K = \frac{1}{t}\log\left(1 - \frac{x}{a}\right)$ où, t étant compté en minutes, $K = 0{,}0108$ à 50° en solution décinormale d'acide chlorhydrique. La déshydratation est complète.

L'ancien glycol α se déshydrate aussi; il donne bien le même γ oxyde que le précédent, mais la déshydratation n'est pas complète : elle s'arrête quand 0,83 partie du glycol initial sont transformées. La loi de la réaction est assez bien reproduite par la formule $K' = \frac{1}{t}\log\left(1 - \frac{x}{0{,}83\,a}\right)$ où $K' = 0{,}095$ à 50° en solution acide chlorhydrique décinormale.

Devant ce résultat, nous avons tout de suite pensé que l'isomère α bien cristallisé était une combinaison ou un mélange isomorphe de deux corps isomères, 5 parties de glycol β et 1 partie d'un troisième glycol, qui ne se déshydraterait pas, le rapport $\frac{1}{5}$ nous faisant plutôt croire au mélange.

Les expériences suivantes ont montré qu'il s'agissait bien d'une solution solide. Le corps α avait toujours été obtenu par cristallisation dans l'éther de pétrole. En le reprenant par l'eau, nous avons constaté sa disparition intégrale, mais nous retrouvions d'une part beaucoup d'isomère β, d'autre part une petite quantité d'un corps nouveau fondant à 101°. Ce composé nouveau, nous l'avons retrouvé par réduction du glycol acétylénique au moyen du sodium et de l'alcool. Sa composition, son poids moléculaire, son origine ne laissaient aucun doute; c'était un troisième glycol (glycol γ). Enfin, nous avons reproduit artificiellement l'isomère α par dissolution en quantités convenables des composés β et γ dans l'éther de pétrole.

Les deux glycols stéréoisomères sont donc β et γ. En possession du γ, nous avons vérifié sa nature *trans*, car il ne donne pas d'oxyde interne. Les ions H le déshydratent aussi, mais très lentement; on obtient les composés

$$(CH^3)^2COH - CH = CH - C\begin{matrix}\diagup CH^3 \\ \diagdown\!\!\diagdown CH^2\end{matrix} \quad \text{et} \quad \begin{matrix}CH^3 \diagdown \\ CH^2 /\!\!/ \end{matrix}C - CH = CH - C\begin{matrix}\diagup CH^3 \\ \diagdown\!\!\diagdown CH^2\end{matrix}$$

ce qui montre qu'ici les deux fonctions OH sont éloignées.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à l'étude des hydrocarbures colorés de la famille du rubrène.* Note (1) de M. **Antoine Willemart**, transmise par M. Charles Moureu.

En vue d'accéder à de nouveaux hydrocarbures de la famille du rubrène, j'ai entrepris une étude systématique ayant pour objet de fixer les conditions que doivent remplir les radicaux R_1, R_2 et R_3 pour donner la suite des réactions qui ont fourni le premier terme, le rubrène lui-même (2), à savoir :

$$2\,{}^{R_1}_{R_2}\!>\!COH - C \equiv C - R_3 \;\xrightarrow[-2H^2O]{+2HCl}\; 2\,{}^{R_1}_{R_2}\!>\!CCl - C \equiv C - R_3 \;\xrightarrow{-2HCl}\; \text{Hydrocarbure.}$$

La nature des trois groupements et même leurs positions respectives exercent une influence très importante sur l'orientation des réactions et, par suite, sur la possibilité d'aboutir à l'hydrocarbure. Ainsi les résultats ont été négatifs avec les groupements gras et n'ont été favorables avec les restes tolyle ou naphtyle que quand ces radicaux occupaient la place R_3.

Ces particularités, jointes aux propriétés mêmes de l'éther chlorhydrique, m'ont conduit à proposer pour la formation de ces corps un mécanisme et, comme conséquence, une formule de constitution. Ces éthers chlorhydriques jouissent, en effet, comme on le sait, de la propriété de conduire, avec une facilité extrême, à une cétone éthylénique ${}^{R_1}_{R_2}\!>\!C = CH - CO - R_3$, et l'on peut admettre, par analogie avec ce qui a été proposé pour la transformation du même genre subie par le carbinol (Meyer et Schuster), une migration du chlore avec formation d'un composé allénique intermédiaire, non encore isolé : ${}^{R_1}_{R_2}\!>\!C = C = CCl - R_3$. Cette migration en β, qui paraît si facile, doit donc pouvoir se produire sous la seule influence de la chaleur, d'autant que l'halogène est peu énergiquement retenu à sa place primitive, comme on l'a vu avec l'iode, quand on a essayé de préparer le dérivé iodé correspondant. Ce serait en réalité sur le dérivé chloré allénique que se produirait la cyclisation, avec formation d'un dérivé allénique cyclique (lui aussi, *a fortiori*, instable) qui se transformerait aussitôt en un dimère, avec réarrangement intérieur des liaisons, comme le montre le schéma ci-

(1) Séance du 6 août 1928.

(2) Ch. Moureu, Ch. Dufraisse et A. Willemart, *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 266.

dessous :

La constitution à laquelle on parvient explique d'une manière satisfaisante les particularités de la préparation et les diverses propriétés de l'hydrocarbure. C'est ainsi que l'on comprend la difficulté, que j'ai effectivement observée, d'obtenir le carbure cherché quand les deux radicaux R_1 et R_2 sont différents l'un de l'autre : le mélange complexe issu des réactions contient alors, au lieu d'un seul corps, les hydrocarbures isomériques résultant de la cyclisation par R_1 ou par R_2, et l'extraction, déjà difficile pour un seul corps, devient pratiquement impossible. En fait, dans de tels cas, bien qu'ils n'aient pas été isolés, les hydrocarbures cherchés se sont bien formés, puisque le mélange présente leurs propriétés caractéristiques (coloration, fluorescence, décoloration à la lumière).

De même, le mécanisme ci-dessus montre que le squelette de la molécule diffère sensiblement du précédent quand R_1 et R_2 sont deux groupements naphtyle :

C = C au lieu de C = C

Il n'est donc pas surprenant que les réactions suivent alors, ainsi que je l'ai constaté, un cours notablement différent. Au contraire, la présence d'un

naphtyle en R_3 modifie moins le squelette : aussi a-t-il été possible, comme on l'a vu précédemment, d'obtenir le rubrène correspondant.

D'autre part, la formule proposée s'accorde avec la forte coloration de ces hydrocarbures et leurs propriétés peu communes : elle renferme un groupement chromophore des plus puissants, le groupement bifulvène $>C=C<$ (Weinscheidt), et elle est caractérisée par un squelette dibenzofulvène d'un type spécial, auquel seraient dues les propriétés si remarquables du rubrène.

GÉOLOGIE. — *Premières observations géologiques sur le Rif septentrional.* Note [1] de M. **P. Russo** et Mme **L. Russo**, transmise par M. Ch. Depéret.

Dans la partie centrale de la côte rifaine, les falaises, dominant de 400 à 600m la mer, sont constituées par des masses blanches de calcaires durs, à gros nodules de silex, dans lesquels nous n'avons recueilli aucun fossile, mais que leur faciès nous font rattacher, sous réserve de détermination paléontologique, au Lias moyen (types d'Oudjda, Haut Ouergha, etc.). Ces calcaires, verticaux sur le bord de la mer, passent bientôt à l'horizontale et constituent une sorte de carapace un peu inclinée vers le Sud et reposant sur un ensemble de calcaires blancs et jaunes, de grès jaunâtres, de marnes vertes, grises, bleutées, d'argiles et de schistes rouges. Cet ensemble contient une faune nummulitique en assez mauvais état, dans laquelle les examens de M. Doncieux, le distingué spécialiste des foraminifères, lui ont permis de reconnaître des *Orthophragmina* à rapprocher de *Discocyclina* et de *Asterodiscus*, et une Hétérostégine voisine de *H. reticulata* Rütern, et surtout *Nummulites Chavannesi* de La Harpe, indiquant le Priabonien. On a affaire là au même ensemble que dans le Prérif. Les calcaires liasiques reposant en contact anormal sur la série nummulitique s'avancent au Sud jusqu'au pied méridional du massif du Boccoya et, en cette région, la carapace qu'ils forment se résout en îlots flottants sur le Nummulitique. Celui-ci devient surtout gréseux, les grès passent aux quartzites, les argiles aux schistes : le dynamométamorphisme est très intense. Il y a lieu de noter, au niveau du contact anormal entre le Lias et le Nummulitique au

[1] Séance du 6 août 1928.

bord de la mer vers le Peñon de Velez, la présence de grès grossier entièrement comparable au Verrucano des Alpes et d'assises gypso-salines que nous rapportons au Trias. Au sud du Boccoya, le Nummulitique gréso-argileux repose sur des marnes de plus en plus schisteuses à mesure qu'on avance vers le Sud et qui, dans le massif du Hammam, deviennent de vrais schistes lustrés dans lesquels nous avons trouvé, comme vers l'Ouergha, *Rosalina Linnei*, indiquant le Crétacé supérieur.

Ces schistes gris et noirâtres constituent en partie un ensemble entièrement comparable au Flysch de l'Ouergha et qui passe, à sa partie inférieure, à des schistes lustrés verts et micacés, avec présence de chloritoschistes, de masses de serpentines et de gabbros, ainsi que de diorites. Ces roches apparaissent au voisinage de la charnière d'un pli couché vers le Sud et charrié dans le même sens, qui intéresse les schistes lustrés inférieurs et des quartzites très durs et fort puissants (150 à 200^{m}). Dans ces schistes lustrés inférieurs, nous avons recueilli de mauvais échantillons d'Ammonites que M. Roman réfère à *Harpoceras Murchisonæ* ou *aalensis*, et à *Hildoceras bifrons*. Enfin, cette série gréso-schisteuse repose en contact normal sur les calcaires blancs liasiques de la crête de l'Azrou et du Baïo, étudiés antérieurement et qui forment la nappe principale du Rif.

On a donc de la mer à la nappe principale : 1° Un anticlinal charrié de Lias reposant en carapace sur le Nummulitique et se résolvant en îlots au sud du Boccoya; 2° Le Nummulitique gréso-marneux jaune et vert disposé en synclinal dans le pays situé au sud de Boccoya passant peu à peu aux hautes altitudes, reposant normalement sur du Crétacé schisteux sans que la limite entre eux puisse être nettement définie; 3° Ce crétacé repose à son tour sur du Jurassique moyen; un anticlinal se dessine et forme la haute crête rifaine quartzitique; 4° Un nouveau synclinal précède l'anticlinal liasique de l'Azrou (nappe principale du Rif).

MÉCANIQUE ANIMALE. — *Sur l'équilibre statique des Poissons.* Note [1] de MM. **A. Magnan** et **A. Sainte-Laguë**, présentée par M. H. Vincent.

Un grand nombre de poissons possèdent la faculté de se maintenir en équilibre dans l'eau sans avancer ni reculer, sans monter ni descendre.

Nous avons étudié à l'Aquarium de Nice un gros Black-bass qui restait pendant des temps fort longs à la même place, à peu près à la même dis-

[1] Séance du 23 juillet 1928.

tance du fond et de la glace. Dès le premier examen, on se rend compte que si le corps du poisson garde une immobilité impressionnante, par contre ses nageoires sont constamment en mouvement.

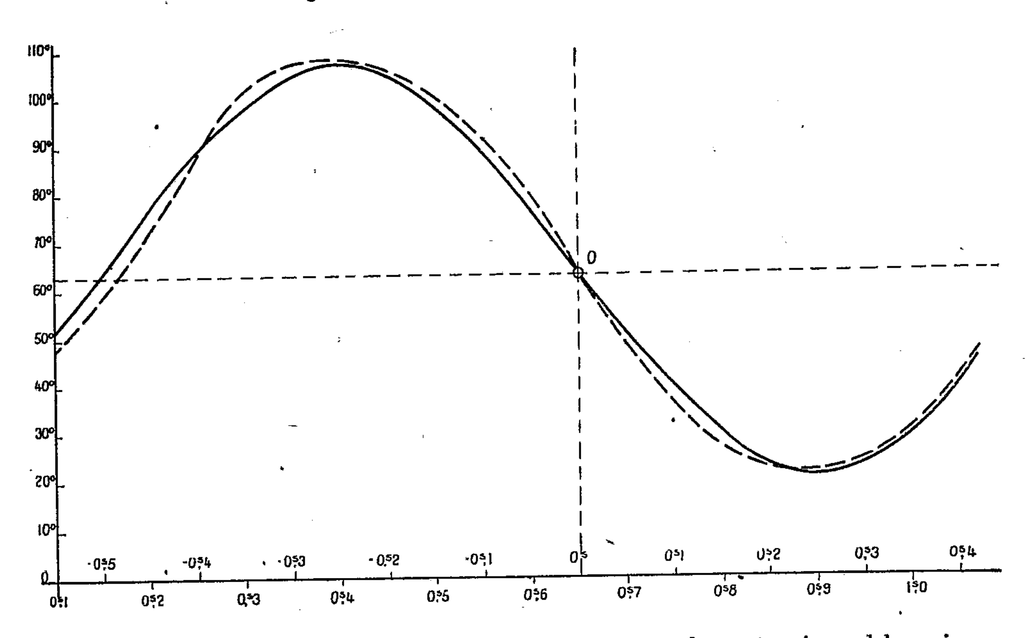
On constate en effet que dans cette sorte de nage sur place les pectorales battent alternativement d'arrière en avant et inversement, le temps d'un battement étant exactement de 1 seconde. Ces nageoires ont une forme vaguement circulaire et leur insertion est presque verticale, de telle sorte que le mouvement normal de chacune de celles-ci consiste en une rotation autour de l'insertion qui les fait passer d'un plan parallèle au plan de symétrie de l'animal à un plan perpendiculaire à ce dernier. Toutefois on remarque que le haut de la pectorale quitte d'abord le corps pour se porter en avant et que le bas suit avec un petit retard, puis, lorsque la nageoire est devenue perpendiculaire au plan de symétrie, le bord supérieur de celle-ci se déplace à nouveau le premier vers l'arrière, le bord inférieur suivant à son tour, si bien que pendant ce mouvement d'avant en arrière et d'arrière en avant, la nageoire se tord sur elle-même.

En même temps la caudale bat latéralement, mais son déplacement se fait en deux temps de telle manière que lorsque le lobe supérieur de la queue est à gauche, la pectorale gauche est à angle droit avec le corps et la pectorale droite collée au corps. Enfin la partie postérieure de la dorsale bien étalée bat en sens inverse de la partie supérieure de la caudale et l'anale en sens inverse de la partie inférieure de la queue. Les ventrales sont alors presque constamment étalées en toit sous le corps.

Nous avons réussi à prendre un film cinématographique du black-bass et à enregistrer le mouvement de ses nageoires au cours de cet équilibre statique. Nous avons relevé entre autres, pour chacune des nageoires pectorales, leurs diverses positions pendant le battement, ainsi que leurs différentes dimensions et leurs inclinaisons, c'est-à-dire l'angle apparent que fait en perspective la direction de la plus grande dimension de la nageoire avec une direction fixe. Ces angles fournissent un graphique (voir la figure) qui a sensiblement la forme d'une sinusoïde. Nous avons déterminé le centre de symétrie de cette courbe, son maximum, son minimum et pu ainsi tracer une sinusoïde presque confondue avec le graphique des angles.

L'étude physique du black-bass montre que celui-ci a un centre de poussée qui est à 6^{mm} en avant et à 1^{mm} en dessous du centre de gravité, ce qui, au repos, a pour effet de lui faire lever le nez et de le faire chavirer dès que les deux centres ne se trouvent plus sur la même verticale, le couple formé tendant de plus en plus à écarter le corps de sa position d'équilibre.

Le mouvement des nageoires a pour but de leur faire jouer le rôle d'organes antiroulis autour du grand axe et de l'axe vertical passant par le centre de



gravité. Les pectorales ont en effet un battement alterné qui rend le poisson comparable à un équilibriste placé sur la corde raide et qui abaisserait tantôt un bras, tantôt l'autre pour éviter la chute. Si l'on tient compte aussi de ce fait, que les nageoires dorsale et anale ont des mouvements inverses tout comme les lobes de la queue, et qu'en outre les deux systèmes queue et nageoires dorsale et anale travaillent aussi en sens inverse, on voit que les couples qu'ils forment s'équilibrent sensiblement, ces couples d'antiroulis autour du grand axe principalement permettant ainsi à l'animal de se maintenir en équilibre statiquement et de lutter aisément contre tout risque d'oscillation autour de sa position d'équilibre.

Si l'on coupe toutes les nageoires du black-bass, on constate aussitôt que, malgré les contorsions de son corps, il chavire facilement, se montre fréquemment le ventre en l'air, seule position qu'il puisse alors occuper quand il reste sur place. Si on lui laisse seulement la caudale ou les pectorales, le poisson parvient, par des battements plus énergiques de la queue ou des pectorales, à se maintenir le dos en haut à la même place. Ces nageoires seules suffisent par leurs mouvements pour donner au corps une immobilité presque complète et pour l'empêcher de tourner sous l'action du couple créé par la position du centre de poussée par rapport au centre de gravité.

PATHOLOGIE. — *Au sujet de l'aspergillomycose des abeilles.* Note [1] de M. K. Toumanoff, présentée par M. E. Leclainche.

Le mode d'infection des abeilles par des champignons et surtout la cause de leur virulence pour ces insectes ne sont pas encore définitivement établis, malgré l'existence d'un certain nombre de travaux sur ce sujet.

Dans mes expériences, j'ai cherché à voir si la mort des abeilles résulte de la pullulation du champignon dans les cellules du tube digestif et de la cavité générale de l'insecte, ou bien si, tout simplement, il s'agit d'intoxication par des produits élaborés par le champignon pendant son développement dans la lumière du tube digestif. Mes expériences ont porté sur de très nombreux champignons; dans cette note, cependant, je n'indiquerai que les résultats obtenus avec *Aspergillus flavus* Link, qui provoque la maladie des abeilles connue sous le nom d' « aspergillomycose des abeilles ».

Les expériences d'infection ont été faites avec deux souches d'*Aspergillus flavus:* souche A, isolée des vers à soie et souche B, isolée des larves d'abeilles mortes et momifiées par l'aspergillomycose. Les expériences d'infestation furent effectuées sur des abeilles provenant du Rucher expérimental de l'Institut des Recherches agronomiques, annexe de l'École vétérinaire d'Alfort. Les abeilles, très bien portantes, provenant de colonies vigoureuses étaient, aussitôt après leur prélèvement dans les ruches, placées dans des cages Roubaud et nourries par du sirop de sucre (1 : 1), additionné de $0^{g},1$ de spores du champignon par centimètre cube. Un coton imbibé de ce mélange fut placé sur le tulle des cages et maintenu humide pendant toute la durée de l'expérience. Celles-ci étaient faites à la température du laboratoire et à celle de 30°C., à l'étuve. Les abeilles malades et mortes étaient disséquées et étudiées à l'état frais et sur des coupes.

Les deux souches d'*Aspergillus* que nous avons expérimentées se sont montrées toutes les deux extrêmement pathogènes pour les abeilles. Voici, à titre d'exemple, quelques expériences :

Expérience a. — Quinze abeilles sont nourries par le mélange sirop et spores du champignon (souche A). Cinq jours après, toutes les abeilles en expérience sont mortes. Les insectes de la cage témoin survivent plusieurs jours. L'examen microscopique révèle la présence dans l'estomac de nombreuses hyphes du champignon chez les abeilles malades et mortes. Les coupes pratiquées montrent chez un seul individu, parmi dix étudiés, que les hyphes ont pénétré dans les cellules de l'estomac et dans la cavité du corps. Chez les autres insectes, le champignon se trouve localisé dans la lumière de l'estomac.

(1) Séance du 30 juillet 1928.

Expérience b. — Vingt abeilles sont nourries de sirop renfermant des spores d'*Aspergillus flavus* (souche B). 48 heures après, dix sont mortes; 4 jours après, toutes sont mortes. Dix abeilles furent aussi examinées; les hyphes furent trouvées en très grand nombre dans l'estomac et l'intestin grêle, mais l'examen des coupes n'a pas permis de constater la pénétration des hyphes à travers les cellules stomacales dans la cavité générale du corps. Les abeilles témoins survécurent pendant quelques jours.

Il résulte des expériences précitées que, malgré les manifestations très nettes de la maladie, celle-ci n'est qu'exceptionnellement accompagnée de la pullulation du champignon dans le corps de l'insecte, avant sa mort. Le résultat de l'examen des abeilles mortes et malades m'avait incité à croire que, seule, la présence et la multiplication du champignon dans le tube digestif de l'abeille peut suffire pour entraîner dans certains cas la mort. Pour justifier cette supposition, j'ai fait quelques expériences sur l'action des filtrats des champignons en question. Le mycélium du champignon était, dans ce but, prélevé à la surface du milieu nutritif, broyé dans un mortier avec un peu de sable stérile et de l'eau physiologique, dilué avec la quantité voulue d'eau physiologique, clarifiée par le passage sur le filtre Laurent pour permettre la filtration à travers la bougie Chamberland L^3.

Les filtrats ainsi obtenus se sont montrés toxiques pour les abeilles. Voici à titre d'exemple une de nos expériences à ce sujet :

Exp. A. — Trois cultures d'*Aspergillus flavus* (souche B), âgées d'un mois, composées de débris de mycélium et de conidies, sont broyées, reprises par 100^{cm^3} d'eau physiologique puis filtrées à travers la bougie Chamberland. Après l'épreuve de stérilité, par ensemencement, le filtrat est mélangé à volume égal avec du sirop du sucre (1 partie de sucre pour 1 partie de l'eau). Le coton imbibé de ce mélange fut placé sur le tulle des cages contenant des abeilles. 60 abeilles sont nourries avec le mélange : filtrat du champignon-sirop du sucre, 60 abeilles servent de témoins (les insectes en expérience ainsi que les témoins furent placés dans des cages par groupes de 20). 20 abeilles sont mortes les deux premiers jours, 24 les deux jours suivants et le reste les deux journées ultérieures. Parmi les témoins, on n'enregistra que 5 mortes après 9 jours du séjour dans les cages. Les expériences ont donné des résultats à peu près identiques avec les filtrats des deux souches des champignons.

En résumé : 1° L'infection expérimentale des abeilles par *Aspergillus flavus* se réalise assez facilement; 2° La pullulation du champignon dans le corps de l'insecte ne s'effectue qu'assez rarement, tout au moins avec les souches employées; 3° Les filtrats de l'*Aspergillus flavus* possèdent une propriété toxique pour les abeilles; 4° On peut supposer, d'après nos expériences, que la mortalité des abeilles à la suite d'infection par *Aspergillus*

flavus peut, dans certains cas, résulter de l'intoxication des abeilles par des produits toxiques élaborés par le champignon, dans l'intestin de l'abeille, et libérés sous l'action des sucs digestifs de l'estomac.

M. F. **Bayle** adresse une Note intitulée : *L'unité physique d'accélération et les divers coefficients de la loi de Galilée. — Les unités physiques de chaleur, de température et la loi des gaz parfaits.*

M. E. **Csilcser** envoie une démonstration analytique des équations du mouvement établies dans une Note récente.

La séance est levée à 15^h45^m.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE JUILLET 1928.

Ville de Dijon (1908-1927). *Vingt ans d'hygiène à Dijon*, par G. ZIPFEL. Dijon, Veuve Paul Berthier, 1928; 1 fasc. 24^cm^.

Tables annuelles de constantes et données numériques de chimie, de physique, de biologie et de technologie : Volume VI, années 1923-1924, deuxième Partie. Paris, Gauthier-Villars, 1928; 1 vol. 27^{cm},5.

Cahiers scientifiques, fasc. II. *Leçons sur la Géométrie des espaces de Riemann*, par E. CARTAN. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1928; 1 vol. 25^{cm}. (Présenté par M. Émile Borel.)

Note sur le climat de l'Indochine, par P. CARTON (extrait de la *Feuille mensuelle de renseignements*). Hanoï, 1928; 1 fasc. 27^{cm},5.

Die Pilzkrankheiten der Garten- und Parkgewächse, par JAKOB ERIKSSON. Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart, 1928; 1 vol. 22^{cm},5.

Faune de France. 18. *Diptères (Nématocères) chironodomidæ*. III. *Chironomariæ*, par A. GŒTGHEBUER. Paris, Paul Lechevalier, 1928; 1 fasc. 25^{cm},5. (Présenté par M. Bouvier.)

Isaac Robert's Atlas of 52 *regions, a Guide to Herschel's fields*, par Mrs. ISAAC ROBERTS. Thomey, maison de Rosa Bonheur, 1927; 1 fasc. 32^{cm} et un Atlas cartonné, 37^{cm}.

Approximations successives et équations différentielles, par ÉMILE COTTON, in *Mémorial des Sciences mathématiques*, fasc. XXVIII. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1928; 1 fasc. 25^{cm}.

Applications de la Géométrie à la stabilité des constructions, tome I, par D. WALKOWITSCH, in *Encyclopédie scientifique*. Paris, Doin et Cie, 1928; 1 vol. 17^{cm},5.

Sur les fonctions de Bessel à plusieurs variables et leurs applications en Mécanique, par H. AKIMOFF (Petrograd, 1922); un cahier autographié en langue russe avec traduction française manuscrite, présenté par M. Appell.

De scherpe Hœk en de cirkel, par J. VAN DEN BERG. Velp, 1928; 1 fasc. 21^{cm}.

The Vector Theory of Electricity, par GEORGE J. BURNS. Los Angeles, chez l'auteur, 310 north avenue 52, 1928; 1 fasc. 23^{cm}.

La costituzione e l'evoluzioni della materia secondo gli ultimi risultati della fisico-chimica, par MARIO MOTTA. Rome, Lœscher et Cie, 1928; 1 fasc. 23^{cm}.

The Giraffe in History and Art, par BERTHOLD LAUFER. Chicago, Field Museum of natural history, 1928; 1 fasc. 21^{cm},5.

A experiencia de Michelson, par AFFONSO M. WENGER. Bello Horizonte, Imprensa official 1925; 1 fasc. 21cm.

Les caféiers du globe, par AUGUSTE CHEVALIER. Fasc. I : *Généralités sur les caféiers*. Paris, Laboratoire d'agronomie coloniale, 1928; 1 fasc. 25cm,5.

La participation française à la revision des longitudes mondiales (octobre-novembre 1928), par ARMAND LAMBERT. Toulouse, Édouard Privat, 1928; 1 vol. 27cm.

Pituitrin a Jeho účin na systém cévni a srdce, par Dr BOHUMIL K. PRUSÍK. Pragues, Nákladem české Akademie věd a umĕni, 1927; 1 fasc. 27cm,5.

Somatologie Školni Mládeže, par JINDRICH MATIEGKA. Pragues, Nákladem české Akademie věd a umĕni, 1927; 1 vol. 24cm,5.

Sur l'ellipsoïde de Steiner du tétraèdre et sur les groupes de tétraèdres ayant leur ellipsoïde de Steiner commun, par G. CESÀRO. Bruxelles, Marcel Hayez, 1927; 1 fasc. 25cm,5.

Sur la courbe de Viviani, par G. CESÀRO, in *Rendiconti della R. Accademia nazionale dei Lincei*. Roma, Giovanni Bardi, 1928; 1 fasc. 28cm,5.

Western Mongolia and the Uriankhai Country. Volume II : *An Historical Sketch of these Countries in Connection with the History of Central Asia*, par G. GRUMM-GRSHIMAILO. Leningrad, Science Committee of the Mongolian People Republic, 1926; 1 vol. 26cm.

Uvod de Geofysiky, par V. LÁSKA. Pragues, Nakladem české Akademie věd a umĕni, 1927; 1 fasc. 24cm,5.

Measurement of Bases in Siam, by PHRA SALWIDHAN NIDHES. Bangkok, Daily Mail Press, 1928; 1 vol. 26cm.

Report on the Operations of the Royal Survey Department for the Year 1925-1926. Bangkok, Daily Mail Press, 1928; 1 fasc. 33cm,5.

The Natural History of Ants from an unpublished Manuscript in the Archives of the Academy of sciences of Paris, par RENÉ ANTOINE FERCHAULT DE RÉAUMUR. Translated and annotated by WILLIAM MORTON WHEELER. New-York, Alfred A. Knopf, 1928; 1 vol. 24cm.

Observatoire d'Abbadia. *Deuxième catalogue comprenant* 1332 *étoiles dont* 711 *fondamentales de* + 45° à — 25°. *Observées en* 1922-1923, *réduites à* 1920,0. Hendaye, Imprimerie de l'Observatoire d'Abbadia, 1928; 1 fasc. 33cm.

PUBLICATIONS PÉRIODIQUES REÇUES PENDANT L'ANNÉE 1927 (*suite*).

Trabajos del Museo nacional de ciencias naturales. Madrid.
Transactions of the American Mathematical Society. New-York.
Transactions of the Edinburgh Geological Society. Edinburgh.
Transactions of the Laboratory of Experimental Biology of the Zoopark of Moscow (en russe). Moscou.
Transactions of the Royal Canadian Institute. Toronto.
Transactions of the Royal Society of Edinburgh. Edinburgh.
Travaux de l'Académie des Mines à Cracovie. Krakow.

Travaux de la première conférence des investigateurs de l'archéologie et de l'archéographie de la Ruthénie-Blanche. Institut de la culture Blanche-Ruthénienne (en russe). Minsk (U. R. S. S.).

Travaux de l'Institut Nencki. Varsovie (en russe).

Travaux de l'Association de l'organisation scientifique du travail (en russe). Minsk.

Travaux du laboratoire de géologie de la Faculté des Sciences de l'Université de Grenoble. Grenoble.

Travaux et mémoires du Bureau international des Poids et Mesures. Paris.

Tribune médicale (La). Paris.

Union géodésique et géophysique internationale. Section de séismologie (Travaux scientifiques). Paris.

Union géodésique.... Comité national du royaume des Serbes, Croates et Slovènes (Annuaire séismique). Sarajevo.

United States Department of Agriculture (Department Bulletin; Technical Bulletin; Farmers's Bulletin; Department Circular; Agriculture Year Book). Washington.

United States Department of Commerce. Simplified Practice. Recommendation. Washington.

Université de Montréal (Annuaire général). Montréal.

University of California (Bulletin, Chronicle, Publications, Record). Berkeley.

University of Colorado (Bulletin). Boulder.

University of Maine. Maine Agricultural Experiment Station. Papers from the Biological Laboratory. Orono.

University of Michigan. Museum of Zoology. (Miscellaneous Publications). Ann Arbor.

University of Wisconsin (Bulletin). Madison.

Uniwersytet Jana Kazimierza we Lwowie. (Bibliothèque universitaire de Lwow.) Program wykladow Sklad Universijtetu w Latach Akademickich. Lwow.

(*A suivre.*)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 20 AOUT 1928.

PRÉSIDENCE DE M. GUILLAUME BIGOURDAN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

LITHOLOGIE. — *Nouvelles observations sur les laves des îles Sous-le-Vent de l'archipel de la Société* (1). Note (2) de M. A. LACROIX.

Les îles volcaniques Sous-le-Vent de l'archipel de la Société sont, en allant de l'Est à l'Ouest : Maupiti, Bora-Bora, Tahaa, Raiatea et Huahine. La constitution de leurs laves est très inégalement connue; je les ai rattachées à ma série intermédiaire du Pacifique austral (3), ainsi que Moorea, malgré sa proximité de Tahiti (Iles du Vent) constituant le type de la série néphélinique.

M. le commandant Brisson m'a envoyé une collection de roches recueillies par lui dans divers points de ces îles.

Sur Raiatea et Huahine, qui, d'ailleurs, ont été plus particulièrement étudiées antérieurement, ces nouveaux documents confirment seulement, en les complétant sur quelques points, les recherches précédentes. Ils apportent au contraire des notions nouvelles sur les autres îles que je vais passer successivement en revue.

Iddings a signalé à Tahaa des basaltes porphyriques à olivine et une dolérite. A ces roches, il faut ajouter tout d'abord un *basalte analcimifère* (analyse 2), gris, et surtout une *latite*. Cette roche leucocrate, grise, renferme quelques phénocristaux de biotite, de hornblende, de labrador zoné

---

(1) Cf. *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 365.
(2) Séance du 6 août 1928.
(3) *Mém. Acad. Sc.*, 59, 1927, p. 1-82.

d'andésine [1]. La masse de la lave est constituée par des microlites très aplatis d'andésine zonés d'oligoclase et d'orthose; ils sont accompagnés par des microlites fourchus d'olivine, servant d'axe à de nombreuses lamelles d'ilménite implantées perpendiculairement à leur allongement pour donner des groupements pectinés très réguliers.

Les analyses données plus loin, effectuées par M. Raoult [2], font voir que dans le basalte porphyrique à olivine les teneurs en soude et en potasse sont presque égales; la slatite est une des rares roches du Pacifique plus potassiques que sodiques (analyse 1).

1. *Latite α*. Entre Tiva et Opu One.................. I(II).5.2.3′
2. *Basalte analcimifère β*. Entre Tiva et Opu One... III[5.3.4′][2.3.2.2]
3. *Gabbro (dolérite) à olivine*. Pointe Rae.......... III′[5′.3.4][2.3.2.2]
4. *Basalte porphyrique à olivine et augite*. Entre Tiva et Opu One.................................. III′[5.(3)4.(3)(4)][2.2.2.2]

	1.	2.	3.	4.
SiO^2	57,02	45,08	47,60	43,54
Al^2O^3	18,96	14,02	13,35	11,18
Fe^2O^3	3,61	3,60	2,83	5,69
FeO	1,91	7,66	8,02	6,64
MgO	1,18	9,95	10,86	11,98
CaO	3,74	9,34	9,47	11,42
Na^2O	4,56	3,23	3,00	1,49
K^2O	5,33	1,01	1,82	1,30
TiO^2	1,42	3,28	2,65	2,88
P^2O^5	0,49	0,63	0,33	0,40
H^2O (+)	0,95	1,63	0,43	1,28
H^2O (−)	0,89	0,51	0,17	1,56
MnO	0,16	0,16	0,13	0,24
	100,22	100,10	100,72 [1]	100,25 [2]
SiO^2 libre %	2,0	-	-	-
Né %	-	2,8	3,4	-
An	28	48	49	61
Σ_b	11,4	46,3	50,3	55,8

(1) Cr^2O^3 0,06. (2) Cr^2O^3 0,19; CO^2 0,46.

J'ai montré antérieurement que la roche de Bora-Bora qu'Ellis a jadis appelée granite est, en réalité, un gabbro à olivine. Elle a été retrouvée par Iddings, et celui-ci a signalé, en outre, des basaltes porphyriques à

(1) Elle est à comparer à celles de Nuku Hiva et à la lave de Moorea que j'ai appelée antérieurement shoshonite et que, par une rectification de nomenclature, je considère aujourd'hui comme une latite voisine des shoshonites (I-II.5.3.3).

(2) Toutes les analyses de cette Note ont été faites par M. Raoult, sauf les nos 3, 5 et 10 dus à M. Foote (cf. IDDINGS and MORLEY, *Proceed. National Acad. U. S. A.*, 4, 1918, p. 110).

olivine et augite. Les nouvelles récoltes, en confirmant cette constitution de l'île principale, ont fourni aussi des renseignements intéressants sur l'îlot Toopua, situé au large de sa côte Sud-Ouest. On y trouve des basaltes (analyse 6), mais, en outre, deux catégories de roches à gros grain : un gabbro à olivine, semblable à celui de la Montagne centrale et les pegmatitoïdes que j'ai décrites dans une Note récente [1]. Il est intéressant de comparer la composition chimique de ces deux dernières roches. Le gabbro de Tahaa, en effet (analyse 7), a sensiblement la même composition que le basalte porphyrique à olivine dont il constitue une modalité intrusive, alors que les pegmatitoïdes (analyses 8 et 9), comme je l'ai montré dans la Note précitée, sont le résultat d'une différenciation de ce même magma effectuée dans des conditions spéciales; elles sont plus alumineuses, plus riches en alcalis (et notamment en potasse), en titane, en anhydride phosphorique, beaucoup moins riches en magnésie que le basalte conjoint.

5. *Basalte porphyrique à olivine et augite.* Montagne centrale .... III'[5'.'3.4]['2.3'.2.2]
6. *Basalte β porphyrique à olivine et augite.* Ilot Toopua .... III'[5.'4.3(4)][2.3.'2.2]
7. *Gabbro à olivine* .... III[5'.3.4']['2.3.2.2]
8. *Pegmatitoïde.* Ilot Toopua .... II(III)[5.3.3(4)][3.1'.2'.3]
9. » » .... II'[5'.(2)3.3(4)][3.2.2.3']

	5.	6.	7.	8.	9.
SiO^2	46,55	43,36	47,08	44,96	45,46
Al^2O^3	10,75	11,78	13,07	15,63	15,84
Fe^2O^3	2,66	5,47	3,46	6,24	5,03
FeO	9,49	6,99	8,82	6,18	7,08
MgO	13,39	14,27	11,08	3,82	2,94
CaO	8,72	9,98	9,92	9,28	7,88
Ni^2O	2,76	1,41	3,08	2,84	3,65
K^2O	1,56	1,34	0,91	2,76	3,41
TiO^2	2,54	2,62	1,80	4,62	3,24
P^2O^5	0,36	0,38	0,19	0,54	0,74
H_2O (+)	0,87	1,45	0,39	1,87	3,26
H^2O (—)	0,51	0,79	0,32	1,15	0,78
MnO	0,16	0,20	0,16	0,22	0,27
	100,41 (1)	100,26 (2)	100,40 (3)	100,11	100,02 (4)
Né %	3,2	–	3,0	1,6	4,9
An %	40	64	47	50	44
Σ_b	56,8	55,7	51,4	36,4	31,8

(1) Cr^2O^3 0,09. (2) CO^2 0,22. (3) CO^2 0,12. (4) CO^2 0,27; Cl 0,11; SO^3 0,06.

---

[1] *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 321.

Sur l'île de Maupiti, l'on ne connaissait qu'une observation inexacte d'Ellis, signalant du granite : les nouvelles récoltes font voir que, là encore, ce prétendu granite est un gabbro à olivine. Les roches prédominantes sont des laves basaltiques : basalte andésinique α (analyse 12), basalte labradorique β porphyrique à olivine et augite (analyse 13), andésite α passant parfois à basalte (analyse 11); enfin, il existe, comme à Tahaa, une roche leucocrate, mais elle est un peu différente, c'est une doréite. Cette roche, à facies andésitique, grise, présente des phénocristaux gloméroporphyriques d'andésine, associés ophitiquement à de l'augite, un peu de hornblende, des octaèdres de magnétite cerclés de biotite, enfin à beaucoup d'apatite; le tout est englobé par des plagioclases lamelleux cerclés d'orthose qu'accompagnent des microlites filiformes d'augite, des grains de magnétite et un peu de verre. L'étude chimique fait voir (analyse 10) que cette roche andésitique, riche en alcalis, avec peu de différence entre la potasse et la soude, mais prédominance de cette dernière, est la forme la plus leucocrate de cette série assez continue dont le gabbro à olivine est le terme le plus basique et le plus mésocrate. Une partie de ces roches renferment une petite quantité de silice libre non exprimée.

10. *Doréite α*.. (I)II.5.'3.(3)4
11. *Andésite labradorique α passant à basalte*.......... II'.[5.3'.4] [3.1.2.'3]
12. *Basalte andésinique α*.............................. II(III).[5.3.4][3.1.2.3]
13. » *labradorique β à olivine et augite*.......... (III).5.'4.(3)4[2.'3.'2.2]
14. *Gabbro à olivine β*................................ III'.[5.3'.(3)4]['2.3.2.2]

	10.	11.	12.	13.	14.
SiO^2	52,88	48,54	47,54	44,66	45,12
Al^2O^3	19,14	16,97	15,63	14,13	10,83
Fe^2O^3	4,29	6,98	6,02	4,05	3,33
FeO	2,11	4,38	5,44	8,12	9,07
MgO	1,98	3,74	3,78	10,32	13,85
CaO	4,94	8,74	8,72	9,52	10,00
Na^2O	4,32	3,21	3,27	1,82	1,87
K^2O	3,66	1.92	2,09	1,55	1,53
TiO^2	1,80	3,02	3,96	2,84	2,32
P^2O^5	0,53	0,34	0,41	0,55	0,44
H^2O (+)	2,73	1,20	1,84	1,46	1,38
» (−)	1,73	1,17	1,29	1,12	0,28
MnO	0.17	0,18	0.21	0,21	0,20
	100,28	100,39	100,20	100,35	100,22
SiO^2 libre °/₀	2,00	2,3	1,5	»	»
Né °/₀	»	»	»	»	1,4
An °/₀	36	49	44	62	56
Σ_b	14,6	31,0	33,9	47,6	58,5

L'ensemble de la constitution de Maupiti range son magma dans ma troisième série, plutôt que dans la série intermédiaire, caractéristique des îles voisines.

Ces divers documents, joints à ceux que j'ai publiés antérieurement sur les îles du Pacifique, montrent que, dans les volcans de chacune d'elles, la différenciation d'un magma analogue, sinon identique, a conduit inégalement à des termes voisins, mais en laissant à chaque ensemble une originalité distincte.

ASTRONOMIE. — *L'Observatoire, les instruments et les observations de Delambre à la rue Sainte-Avoye.* Note (¹) de M. G. **Bigourdan**.

Delambre (²) (1749-1822), dans sa courte mais active carrière d'astronome simplement observateur, occupa successivement deux observatoires privés qui ont disparu depuis longtemps, surtout le premier, situé rue Sainte-Avoye. Cette ancienne rue a formé la portion actuelle de la rue du Temple comprise entre la rue Neuve-Saint-Merry et la rue Michel-le-Comte; et Delambre y fit, de 1785 (8 août) à la fin de 1787, des observations demeurées inédites, au moins pour la plus grande partie.

Après s'être adonné aux études historiques et littéraires, Delambre devint, en 1771, précepteur du fils de Geoffroy d'Assy, receveur général des finances, et commença d'étudier les sciences, sans doute par nécessité de fonction. A la fin de 1782 il fit la connaissance de J. Lalande, ce qui marque le début de sa carrière astronomique. Geoffroy d'Assy lui fit établir rue Sainte-Avoye, dans l'hôtel de la recette générale [auparavant hôtel de Mesmes ou de Montmorency, contigu à l'hôtel de La Trémoille, détruits l'un et l'autre (³)] le modeste observatoire dont il est ici question.

Voici d'abord quelques indications sur les registres d'observations que nous avons de Delambre : ils sont au nombre de cinq, dont les trois premiers presque entièrement autographes, et sont conservés aux archives du Bureau des Longitudes ; recouverts en parchemin sauf le dernier, ils sont tous paginés

(¹) Séance du 13 août 1928.

(²) Sur la vie de Delambre, voir notamment l'Introd. de sa *Mesure de la Terre*.

(³) L'Hôtel de Mesmes se trouvait sur le côté N-E de la rue Sainte-Avoye, son emplacement effleurant, du côté Nord, à la rue actuelle de Rambuteau qui, en ce point, passe sur la partie Sud de l'Hôtel de la Trémoille.

récemment ; les quatre premiers ont respectivement 473, 372, 470, 364 pages ; le dernier, dont la seconde moitié est restée en blanc, est écrit sur les 192 premières pages.

Le premier va du 8 août 1785 au 16 décembre 1789, et ne porte aucune indication sur les plats, mais au dos Delambre a écrit cette inscription, en partie effacée :

Observations astronomiques. Tome I, 1785, 1786, 1787, 1788, 15 décembre 1789.

Sur le premier plat des deux suivants, sur le dos du quatrième et enfin sur la première feuille de garde du cinquième, Delambre a écrit :

Observations astronomiques. Tome II, commençant le 16 décembre 1789, finissant le 26 novembre 1790.

Observations astronomiques. Tome III, commençant au 27 novembre 1790.

Observations astronomiques. Tome IV, [commençant] le 6 nivose an VII [26 décembre 1798] finissant le 6 vendémiaire an XII [1803 sept. 29].

Observations astronomiques. Tome V, commençant le 5 octobre 1803, [finissant le 2 mai 1808].

Le Tome III est complètement écrit aussi et va jusqu'au 5 nivôse an VII (25 décembre 1798), mais à partir du 25 mai 1792 les observations sont presque complètement abandonnées, ce qu'expliquent bien les notes suivantes, pages 388, 389, 407 et 408 :

♂ 26 juin matin, je pars pour Montlhéry, pour commencer les opérations de la mesure du méridien. — M. Méchain est parti le ☾ 25 pour l'Espagne pour les mêmes opérations.

☾ 2 juillet, je reviens à Paris après avoir visité toutes les stations qui environnent Paris.

♄ 26 janvier 1793, je suis revenu à Paris hier 25 au soir; la pendule était arrêtée faute d'avoir été remontée.

1795 16 juin. — Peu après je suis parti pour continuer les opérations de la méridienne, d'Orléans à Bourges; ensuite j'ai passé l'hyver à Dunkerque pour déterminer la hauteur du pôle.

1796 juin 21. — Je suis parti peu après pour continuer les opérations de la méridienne de Bourges à Rodez. J'ai passé l'hyver à Evaux et je suis parti de Rodez le 10 fructidor [an V, 27 août 1797] pour revenir à Paris.

C'est dans le Tome I, pages 1-173 que se trouvent les observations faites à l'observatoire de la rue Sainte-Avoye, le seul dont nous allons parler maintenant. A la p. 17, 24 juillet 1786, on lit :

Jusqu'ici j'avois écrit mes observations sur des feuilles volantes sans songer à les rassembler en un seul corps; c'est ce qui fait qu'en les transcrivant tout de suite j'ai

abrégé autant que je l'ai pu. Désormais, j'inscrirai chaque observation le jour même et j'entrerai dans plus de détail.

L'observatoire.

Delambre ne donne aucun détail sur cet observatoire, qui se composait à peu près uniquement de sa chambre et d'une terrasse sur laquelle il transportait parfois ses instruments : une méridienne tracée sur la terrasse lui facilitait les réglages. De sa chambre il observait à travers une fenêtre. Les maisons voisines lui masquaient la vue par endroits; aussi se transportait-il parfois dans diverses autres pièces, loin de la pendule, etc. En somme, cette installation n'a constitué qu'un observatoire provisoire que Delambre sait devoir être remplacé bientôt. Il signale parfois les vibrations que le mouvement des voitures dans la rue imprime aux instruments; les bruits l'empêchaient aussi d'entendre la pendule.

Instruments.

D'après les indications données sur les pages 3 et 4 du Tome I, complétées par des notes éparses, c'étaient les suivants :

1. Une *pendule* de Le Jay qui paraît appartenir à Delambre et qui marche 10 jours; il l'avait d'abord désignée par N sur son registre, puis par I, mais en laissant persister quelquefois la désignation N. Elle n'est mentionnée qu'à partir du 7 août 1786.

2. *Une pendule* de campagne de Gallonde, acquise le 5 septembre 1787. Désignation : G.

3. Une pendule de Henri Voisin, prêtée par Lalande et désignée par V.

4. Une pendule de Lepaute, à tige de compensation, marquant et battant les secondes. Elle doit être remontée tous les 10 jours et est désignée par P.

5. Un *compteur* à demi-seconde de Lepaute, sonnant les minutes et les secondes, mais battant les demi-secondes.

6. Un *quart de cercle* en bois, de 15 pouces de rayon, qui servait pour régler la pendule et qui fut presque immédiatement remplacé par le suivant (n° 7).

7. Un *quart de cercle* de cuivre prêté par Lalande, de 19 pouces de rayon, divisé de minute en minute et garni d'un micromètre intérieur. Son tour de vis vaut $5'.7''$ et le cadran devait être divisé en 100 parties, valant chacune $3'',07$. La position du perpendicule se lisait avec un microscope. Ce quart de cercle avait autrefois servi à Lacaille.

8. Une *machine parallactique* de Lennel, élève et successeur de Canivet, portant la lunette suivante (9).

9. Une *lunette* de 4 pieds de Lennel bien conditionnée, avec réticule rhomboïdal de 45° au sommet, de sorte que la grande diagonale est plus que double de la petite. Demi-hauteur : 29′.54″; demi-largeur : 12′.23″.

10. Une *lunette achromatique* de Dollond, à double objectif, longue de $3\frac{1}{2}$ pieds et de 32 lignes d'ouverture, portée par un pied vertical et pouvant aussi se placer sur la machine parallactique (n° 8) à la place de la lunette de 4 pieds, qui alors se met sur le pied vertical; alors « elle reçoit le mouvement horizontal et le mouvement vertical au moyen de ce que les Anglais appellent *Hooke's joint* ». Outre un équipage terrestre elle a 2 oculaires célestes grossissant respectivement 80 et 130 fois et dont le premier est le meilleur, celui qu'il emploie d'ordinaire.

11. Une *lunette méridienne* portative montée sur un pied en bois et dont il se servit peu. La lunette était de Létang et avait appartenu à De La Roue.

12-13. Au commencement de 1787 il fit construire pour la lunette achromatique (10) un *réticule* à fil mobile et un rhomboïde, l'un et l'autre de Le Noir.

Observations.

La première observation est du 8 août 1785; outre les déterminations de l'heure par les hauteurs correspondantes, ses premières observations sont des éclipses des satellites de Jupiter et des occultations d'étoiles par la Lune. Le 4 mai 1786 Delambre fut le seul à Paris, avec Messier, à observer le passage de Mercure sur le Soleil : comme le ciel était couvert, tous les autres astronomes de Paris, trompés d'ailleurs par l'annonce de la *Connaissance des Temps*, abandonnèrent prématurément leurs instruments et manquèrent la sortie, qui eut lieu plus tard que l'annonce. En juillet et août 1786 il fit un assez grand nombre de comparaisons de Saturne à des étoiles voisines avec la lunette parallactique et le réticule rhomboïdal; et dans les derniers mois de la même année il fit des observations analogues pour Jupiter.

A partir du 29 avril 1786, avec sa lunette achromatique montée sur la machine parallactique et munie du réticule rhomboïdal de Le Noir [1], il fit

[1] Au commencement du même mois il avait essayé de faire ces observations par zones avec la même lunette munie de son micromètre à vis pour les mesures des différences de déclinaison.

des séries d'observations d'étoiles par zones, lunette immobile, dans lesquelles il déterminait tout ce qui traversait le champ : ce sont des étoiles australes pour lesquelles alors on manquait totalement d'observations.

Au commencement de 1787, il chercha diverses étoiles du Catalogue de Mayer qui passaient pour perdues et il continua cette recherche assez longtemps.

Vers la fin de 1787 il abandonne presque complètement ces observations de zones et avec la lunette méridienne il observe de belles étoiles auxquelles il compare parfois le Soleil et les planètes. Enfin en octobre 1788 il transporta ses instruments dans la nouvelle maison de Geoffroy d'Assy, rue de Paradis (1).

SPECTROSCOPIE. — *Sur le montage automatique d'un réseau concave par le procédé de H. C. Richards.* Note (2) de M. **A. Cotton.**

Dans les *Comptes rendus* de la séance du 16 janvier dernier (186, 1928, p. 192) je montrais que contrairement à ce qu'indiquent les traités de spectroscopie le montage de Eagle des réseaux concaves peut être rendu automatique. Or je viens d'avoir connaissance d'un travail ancien du Professeur H. C. Richards publié à Philadelphie dans les *Proceedings of the American philosophical Society* (51, 1912, p. 554) où se trouvaient déjà publiées les mêmes remarques. Non seulement le montage que je proposais était déjà décrit dans ce travail, mais le Professeur H. C. Richards indiquait qu'il l'avait réalisé et qu'il en était fort satisfait.

M. Richards avait fait construire ce spectroscope autocollimateur à réseau de Rowland sans connaître le Mémoire de Eagle, publié deux années avant le sien. C'est une raison de plus pour associer le nom de H. C. Richards au procédé permettant de rendre commode et automatique ce montage des réseaux concaves.

---

(1) La rue de Paradis a formé le prolongement de la rue des Francs-Bourgeois, entre la rue Vieille-du-Temple et la rue du Chaume; cette dernière est aujourd'hui la rue des Archives.

(2) Séance du 13 août 1928.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur le rubrène. Constitution du rubrène.* Note [1] de MM. **Charles Moureu, Charles Dufraisse** et **Léon Enderlin.**

Peu après l'obtention du rubrène nous nous sommes proposé d'établir la constitution de ce curieux hydrocarbure. Des voies fort différentes ont été suivies, et, dans chacune d'elles, notre travail est en plein développement.

Une étude systématique de l'oxydation nous a conduits à une série de dérivés. Nous ne parlerons ici que de celles de nos expériences qui ont abouti à un corps dont la formation nous paraît être d'une importance décisive pour la solution du problème.

En oxydant le rubrène par l'acide chromique dans des conditions expérimentales déterminées, on réussit à isoler des proportions notables d'orthodibenzoylbenzène $C^6H^4\left\langle\begin{matrix}CO - C^6H^5 \ (1)\\ CO - C^6H^5 \ (2)\end{matrix}\right.$. Remarquons que la production de cette substance $C^{20}H^{14}O^2$ correspond à la coupure d'une molécule de rubrène $C^{42}H^{28}$ sans perte d'hydrogène, avec perte de carbone (2 atomes) et avec addition de 4 atomes d'oxygène. La formule qui nous semble rendre le mieux compte d'une telle scission est celle ci-dessous explicitée : d'une part, en effet, on y voit précisément 2 atomes de carbone non porteurs d'hydrogène et situés dans une position qui doit les rendre particulièrement sensibles à l'attaque oxydante; et, d'autre part, elle permet de concevoir d'une manière très simple la formation du dibenzoylbenzène.

$$C^6H^4\left\langle\begin{matrix}C(C^6H^5)\\ C(C^6H^5)\end{matrix}\right\rangle C = C\left\langle\begin{matrix}C(C^6H^5)\\ C(C^6H^5)\end{matrix}\right\rangle C^6H^4 \xrightarrow[+4O^2]{}$$

$$\rightarrow C^6H^4\left\langle\begin{matrix}CO - C^6H^5\\ CO - C^6H^5\end{matrix}\right. + CO^2 + CO^2 + \left.\begin{matrix}C^6H^5 - CO\\ C^6H^5 - CO\end{matrix}\right\rangle C^6H^4$$

Nous rappellerons que cette formule de constitution du rubrène est celle

---

[1] Séance du 13 août 1928.

à laquelle est parvenu A. Willemart ([1]) par un raisonnement tout différent.

D'autres formules qui pourraient être envisagées ([2]) ne s'accordent que très difficilement ou sont incompatibles avec la formation du dibenzoylbenzène. Toutefois, étant données les facilités de migration des groupes phényle (avec réarrangements) constatées par nous dans cette série de corps (expériences inédites), nous pensons qu'il sera prudent de confirmer de différentes manières la constitution du rubrène établie ci-dessus. Nous la soumettons présentement à l'épreuve d'autres réactions de scission, et aussi à celle de réactions de synthèse, en particulier à partir des dérivés de divers diphénylindènes.

MÉDECINE. — *Sur la sérothérapie anticolibacillaire. Résultats de son emploi dans les infections aiguës ou chroniques à* Bacillus coli. Note ([3]) de M. **H. Vincent**.

J'ai précédemment signalé le premier cas de guérison d'une infection colibacillaire traitée par un sérum nouveau préparé suivant ma méthode ([4]). J'ai également exposé les bases expérimentales de la préparation de ce sérum ([5]). Depuis lors, de nouveaux faits sont venus montrer son efficacité.

Le *Bacillus coli* est responsable d'un grand nombre d'états infectieux septicémiques ou localisés dont la gravité peut être grande. Ce microbe peut déterminer des fièvres prolongées qui simulent la fièvre typhoïde ou paratyphoïde. On l'isole à l'état de facteur pathogène à peu près constant, très souvent prédominant et parfois exclusif, dans l'*appendicite gangréneuse*. Sur 13 cas de celle-ci, je l'ai rencontré 12 fois en abondance extraordinaire à la surface de l'appendice ou dans l'exsudat péritonéal. Chez quatre malades,

---

([1]) *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 385.

([2]) *Zeit. f. physik. Chem.*, Cohen-Festband, 1927, p. 472.

([3]) Séance du 13 août 1928.

([4]) H. Vincent, *Nouvelles recherches sur la pathogénie de la colibacillurie. Action d'un sérum thérapeutique anticolibacillaire* (*Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1083); *Sur la sérothérapie antigangréneuse par le sérum multivalent. Emploi associé du sérum anticolibacillaire* [*Journées médicales de Bruxelles*, 1924; *Journées médicales de Montpellier*, 1926 (*inédites*); *International Clinics*, Philadelphie, 36e série, 2, 1925, p. 168; *Cours du Collège de France*, 1926].

([5]) H. Vincent, *Sur la pluralité des toxines du* Bacillus coli; *bases expérimentales de la sérothérapie anticolibacillaire* (*Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1624).

il était seul en cause. Les anaérobies stricts, en particulier le *B. perfringens*, sont beaucoup moins fréquents.

La localisation du *Bacillus coli* sur le rein est la cause habituelle, quoique nullement exclusive, de la *pyélonéphrite suppurée* aiguë ou chronique.

On peut enfin rencontrer le même microbe dans les cholécystites (seul ou associé à d'autres bactéries pathogènes); dans certaines périostites (H. Vincent), dans certaines suppurations locales, paradigestives, viscérales, dans l'infiltration d'urine, etc.

Les indications de l'emploi du sérum anticolibacillaire sont donc nombreuses.

Le groupe *Bacillus coli* comprend des espèces ou des variétés qu'on a différenciées d'après leur mobilité, leurs caractères culturaux, leur aptitude à sécréter de l'indol, leurs réactions envers les différents sucres, leurs propriétés agglutinogènes et immunigènes réciproques, etc. Mais, en réalité, aucun de ces caractères ne paraît absolument spécifique.

J'ai constaté, par contre, que presque toutes les races ou variétés du *Bacillus coli* sécrètent, dans certaines conditions de culture, deux toxines : une exotoxine neurotrope, détruite à 75°; et une endotoxine entérotrope, détruite à 95°-98° [1]. La proportion réciproque de ces toxines dans les cultures est variable. La plus constante a été l'exotoxine neurotrope.

Le sérum anticolibacillaire que j'ai préparé est actif contre ces deux toxines; il est, en même temps, antimicrobien. La vérification expérimentale de ces deux propriétés a été faite chez le cobaye et le lapin et a démontré sa grande activité. Celle-ci s'est confirmée dans le traitement des infections colibacillaires de l'homme.

Injecté à des malades atteints d'*appendicite gangréneuse* compliquée souvent de perforation et de péritonite locale, le sérum anticolibacillaire a été un adjuvant précieux de l'intervention chirurgicale. La guérison a été rapide et inespérée dans des cas très graves (Clavelin, 42 opérés; Duguet, E. Foisy, de Châteaudun, 60 opérés, etc. [2]).

Dans la *pyélonéphrite suppurée* de nature colibacillaire, vérifiée par le laboratoire, et qui est si rebelle aux traitements usuels, les propriétés actives du même sérum ont été également très démonstratives (Chevassu, Maisonnet, Petit, L. Bernard, A. Lippens).

---

[1] H. Vincent, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1624.

[2] Dans la plupart de ces cas, le sérum antigangréneux multivalent (H. Vincent et G. Stodel) a été associé à ce sérum.

Voici quelques exemples, sommairement résumés, de ces résultats thérapeutiques.

I. Homme de 60 ans. Pyélonéphrite suppurée du rein droit, ancienne de deux ans, à *B. coli* pur. Pus abondant dans l'urine. Amaigrissement, anémie, poussées fébriles fréquentes. Les nombreux traitements habituels sont restés sans effet.

On injecte, en quatre jours, quatre ampoules de 20^{cm^3} de sérum anticolibacillaire. Eclaircissement des urines en quelques jours. *Guérison* rapide, avec disparition totale du bacille des urines.

II. Mme X..., 28 ans. Pyélonéphrite suppurée grave du rein droit, consécutive à une double grossesse et ayant débuté depuis trois ans. Durant cette longue période, outre des injections réitérées d'autovaccin, de bactériophage, etc., on a fait des lavages antiseptiques, une à deux fois par semaine, de la vessie (pendant deux ans), puis du bassinet (un an). *Aucune amélioration*. L'urine demeure, au contraire, très fortement purulente, avec une quantité énorme de colibacilles (4 à 5 millions par centimètre cube).

On injecte, pendant cinq jours, chaque fois 20^{cm^3} de sérum anticolibacillaire. L'urine s'éclaircit dès la troisième injection, puis devient tout à fait limpide vers le sixième jour.

Guérison très rapide et définitive, clinique et bactériologique, de la pyélonéphrite, vérifiée à plusieurs reprises et confirmée de nouveau, un an après, par l'examen bactériologique de l'urine.

III. Mme X..., 42 ans. Pyélonéphrite suppurée, grave et ancienne de cinq ans, avec entérocolite chronique douloureuse et rebelle à tous les traitements. La vaccination avec un autovaccin, puis avec un stock-vaccin injecté sous la peau ou dans la veine, reste sans effet. La malade « menait une vie lamentable ».

En janvier 1928, on lui fait quatre injections sous-cutanées, en quatre jours, de sérum anticolibacillaire.

Disparition, en quelques jours, du pus et du B. coli *urinaires et, en même temps, de l'affection intestinale*. La guérison clinique et bactériologique s'est, depuis lors, entièrement maintenue. Un examen récent de l'urine a de nouveau montré l'absence du *B. coli* (Dr A. Lippens, de Bruxelles).

La spécificité d'action du sérum anticolibacillaire est remarquable. Chez une malade âgée de 72 ans, atteinte de pyélonéphrite très ancienne, polymicrobienne, avec prédominance du *B, coli*, la sérothérapie anticolibacillaire a fait disparaître ce dernier, mais les autres bactéries (entérocoque, staphylocoque, anaérobies, etc.) ont persisté. Cette malade était dans un

état comateux et arrivée à un profond degré de marasme (incontinence des matières, incapacité de s'alimenter, de parler, de reconnaître les siens). A la suite des injections de sérum, elle a repris entièrement sa connaissance, a parlé, mangé, s'est levée, etc.

Les injections de sérum anticolibacillaire peuvent, à elles seules, amener la guérison de la pyélonéphrite suppurée, aiguë ou chronique. Il en a été ainsi, notamment dans l'exemple III ci-dessus. D'autres fois, il est utile de pratiquer, en même temps que la sérothérapie, la désinfection du bassinet et de la vessie (1). J'ai montré, en effet, que chez les sujets immunisés activement ou passivement, les anticorps ne filtrent que passagèrement et en faible quantité dans l'urine. Chez le sujet ayant l'immunité générale, le microbe peut, en conséquence, continuer à se multiplier dans l'urine (2).

Mais, introduits dans l'organisme brusquement et en proportion massive avec le sérum anticolibacillaire, les anticorps spécifiques apportés par ce dernier peuvent (surtout lorsqu'il y a suppuration rénale, et à travers la brèche laissée par celle-ci) passer en quantité suffisante dans l'urine et détruire ainsi les bacilles contenus dans le bassinet et la vessie, aussi bien que ceux qui végètent dans le parenchyme rénal.

NOMINATIONS.

M. J. Hadamard est délégué pour représenter l'Académie au *Congrès international des Mathématiciens* qui se tiendra à Bologne le 6 septembre 1928.

---

(1) Ces lavages antiseptiques sont, bien entendu, totalement incapables de guérir la pyélonéphrite (voir l'exemple II qui a la valeur d'une expérience de laboratoire). J'en ai exposé antérieurement les raisons (*Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1083).

(2) H. Vincent, *Sur la pathogénie et les conditions d'entretien de la colibacillurie* (*Comptes rendus*, 180, 1925, p. 407).

CORRESPONDANCE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la convergence de quelques procédés de l'intégration approchée des équations différentielles.* Note [1] de M. **Krawtchouk**, transmise par M. Hadamard.

I. D'après la méthode de W. Ritz, on détermine les coefficients de l'intégrale approchée $y_m = a_1 \sin\pi x + \ldots + a_m \sin\pi m x$ de l'équation

$$L(y) = y'' + A(x)y = f(x), \qquad y(0) = y(1) = 0 \tag{1}$$

par les conditions suivantes :

$$\int_0^1 L(u)\sin\pi i x\, dx = 0 \qquad (u = y - y_m) \qquad (i = 1, 2, \ldots, m). \tag{2}$$

Nous voulons démontrer que ce procédé converge toutes les fois que la solution y du problème (1) est unique, sans imposer d'autres conditions sur les fonctions $A(x)$ et $f(x)$ que celle de la continuité.

Comme l'a démontré N. Kryloff [*Sur différentes formes, etc.*, Chap. I, § 5 (*Annales de Toulouse*, 1926)], on a

$$\int_0^1 U'^2\, dx < \max U^2 \max|A| + \varepsilon_m \max|U| \qquad \Big(\lim_{m=\infty} \varepsilon_m = 0\Big). \tag{3}$$

Soit $\Gamma(x, \xi)$ la fonction de Green de notre problème; alors les fonctions

$$\eta_m(x, \xi) = \frac{\partial\Gamma}{\partial\xi} - \sum_{i=1}^{m} 2\cos\pi i\xi \int_0^1 \frac{\partial\Gamma}{\partial\xi}\cos\pi i\xi\, d\xi, \qquad \zeta_m(x, \xi) = \int_0^\xi \eta_m(x, \xi)\, d\xi \tag{4}$$

vérifient les conditions

$$\lim_{m=\infty} \int_0^1 \eta_m^2\, d\xi = 0, \qquad \lim_{m=\infty} \zeta_m = 0. \tag{5}$$

D'autre part, de l'égalité bien connue $u(x) = \int_0^1 L[u(\xi)]\Gamma(x, \xi)\, d\xi$, on

---

(1) Séance du 6 août 1928.

déduit, à l'aide de (2) et de (3),

$$\max|U|\left[(1-\max|A\zeta_m|)^2-\max|A|\int_0^1\eta_m^2\,d\xi\right]\leqq\varepsilon_m\int_0^1\eta_m^2\,d\xi,$$

ce que donne, vu les égalités (5), la conclusion voulue : $\lim\limits_{m=\infty} u = 0$.

La convergence du procédé de N. Kryloff, qui consiste en minimisation de l'intégrale $\int_0^1 L^2(u)\,dx$, suit de l'inégalité $u^2 \leqq \int_0^1 L^2(u)\,dx \int_0^1 \Gamma^2\,d\xi$, qui a été aussi utilisée par N. Kryloff.

2. Par une voie analogue on parvient à des résultats bien plus généraux. On a par exemple le théorème suivant :

Si y est l'intégrale unique de l'équation

$$L(y) = y^{(k)} + A_1(x)y^{(k-1)} + \ldots + A_k(x)y = f(x),$$

vérifiant les conditions frontières

$$(6) \qquad \sum_{i=0}^{k-1}\alpha_i^s y^{(i)}(0) + \sum_{i=0}^{k-1}\beta_i^s y^{(i)}(1) = 0 \qquad (s = 0, 1, \ldots, k-1),$$

et si les fonctions $\varphi_i(x)$ vérifient les mêmes conditions (6), les dérivées $\varphi_i^{(k)}(x)$ $(i = 1, 2, \ldots)$ formant un système complet, alors la fonction $y_m = a_1\varphi_1(x) + \ldots + a_m\varphi_m(x)$ déterminée par les équations

$$\int_0^1 [L(y_m) - f(x)]\,\varphi_i^{(k)}(x)\,dx = 0 \qquad (i = 1, 2, \ldots, m)$$

remplit les conditions suivantes :

$$y = \lim_{m=\infty} y_m, \qquad y' = \lim_{m=\infty} y'_m, \quad \ldots, \quad y^{(k-1)} = \lim_{m=\infty} y_m^{(k-1)}.$$

Les détails de la démonstration et quelques recherches plus approfondies concernant l'ordre d'approximation seront donnés par ailleurs.

A propos de la première partie de cette Note, citons les formules très précises de N. Kryloff (*Comptes rendus*, 186, 1928, p. 298), qui m'a communiqué que depuis quelque temps il possède des résultats (qui seront prochainement publiés) concernant l'appréciation de l'erreur obtenue par l'application de la méthode de réduites dans le cas des systèmes des équations différentielles du premier ordre, dont les coefficients sont assujettis à quelques conditions restrictives.

ASTRONOMIE. — *Sur un cas d'équation d'éclairage dans les observations méridiennes de passages.* Note [1] de M. N. **Stoyko**, présentée par M. Bigourdan.

Les corrections (Cp) de la pendule déterminées à l'aide de la lunette méridienne Bouty, installée à l'Observatoire de Paris, ont montré un écart systématique qui dépend de l'éclairage du champ de la lunette : les Cp déterminés avec le champ de la lunette éclairé par la lumière du jour sont plus forts que les Cp déterminés avec le champ éclairé par des lampes. Les observations de 1928 mai 3, 11, 25 et juin 4, 11, 15, 22 donnent pour cette différence $+0^s{,}089 \pm 0^s{,}009$ (observateur S = Stoyko).

Cet écart systématique provient probablement d'une dissymétrie dans l'éclairage du champ. La lumière de deux lampes d'éclairage, disposées sur le prolongement de l'axe des tourillons, l'une à l'Est et l'autre à l'Ouest, passe à travers des ouvertures percées dans ces tourillons. La lumière, réfléchie par des miroirs (2 pour chaque lampe), se dirige vers l'objectif qui, à son tour, par sa surface intérieure la renvoie vers l'oculaire, où l'on voit deux images de l'objectif en partie superposées. Le retournement de l'instrument ne change pas la position de ces deux images : celle qui était à l'Est demeure à l'Est si bien que, s'il existe une dissymétrie d'éclairage, elle ne se compense pas par le retournement de la lunette. Le déplacement des fils mobiles ne dépend pas du sens du mouvement de l'étoile, de la position de l'instrument, ni celle de l'observateur.

Posons dans la formule de Bessel

$$\text{Æ} - t_0 - (c - x)\,\text{Séc}\,\delta = \text{B}; \qquad -Cp - m = \text{C},$$

où le terme B est connu et le terme C est une constante : nous avons

$$\text{B} + \text{C} = \pm e\,\text{Séc}\,\delta \pm n\,\text{tg}\,\delta. \tag{1}$$

Le signe + pour les passages supérieurs et — pour les passages inférieurs et e l'équation d'éclairage. En résolvant les équations du type (1) pour les étoiles horaires (h), pour les étoiles circompolaires passage supérieur (s) et passage inférieur (i), nous avons

$$\left\{\begin{aligned} n &= \frac{\text{B}_s - \text{B}_h}{\text{tang}\,\delta_s - \text{tang}\,\delta_h} - e\frac{\text{Séc}\,\delta_s - \text{Séc}\,\delta_h}{\text{tang}\,\delta_s - \text{tang}\,\delta_h} = n_s - e\text{S},\\ n &= \frac{\text{B}_h - \text{B}_i}{\text{tang}\,\delta_i + \text{tang}\,\delta_h} - e\frac{\text{Séc}\,\delta_i + \text{Séc}\,\delta_h}{\text{tang}\,\delta_i + \text{tang}\,\delta_h} = n_i - e\text{I},\end{aligned}\right. \tag{2}$$

[1] Séance du 6 août 1928.

où n_s et n_i sont des constantes instrumentales déterminées ordinairement par les passages supérieurs et par les passages inférieurs d'étoiles circompolaires. La valeur approchée de S est 0,95 et celle de I est 1,05. De la formule (2) nous tirons

$$n = n_m - e, \tag{3}$$

$$n_s - n_i = (S - I)e = -0{,}1e. \tag{4}$$

La correction qu'il faut appliquer au Cp est

$$-\frac{e}{m}\Sigma(\text{Séc}\,\delta - \text{tang}\,\delta + \text{tang}\,\varphi), \tag{5}$$

où m est le nombre d'étoiles horaires. Cette correction pour Paris est de l'ordre de $-1{,}6e$.

En appliquant aux résultats précédents les formules (5) et (3), on trouve

$$e = -0^s{,}056 \pm 0^s{,}006 \quad \text{et} \quad e = -0^s{,}046 \pm 0^s{,}012.$$

L'accord entre ces deux résultats est satisfaisant, si l'on tient compte des erreurs probables.

Pour avoir une confirmation directe que l'éclairage du champ a une influence sur les moments observés des passages, on a fait des visées sur un point fixe situé au foyer de l'oculaire, d'abord avec le fil simple (f_s), puis avec le fil double (f_d) (les 21 et 23 juillet 1928) avec le champ éclairé par les lampes. On a trouvé qu'il existe toujours un déplacement des fils à l'Ouest par rapport à la position qu'occupent ces mêmes fils avec l'éclairage du jour (voir le Tableau).

TABLEAU.

	21, 23 juillet.			30 juillet.		
Éclairage..	complet.	Est.	Ouest.	complet.	Est.	Ouest.
f_s.........	$-0^t{,}0219$	$-0^t{,}0205$	$-0^t{,}0053$	$-0^t{,}0065$	$-0^t{,}0219$	$+0^t{,}0067$
f_d.........	138	112	32	31	111	36
Moy.....	$-0^t{,}0178$	$-0^t{,}0158$	$-0^t{,}0042$	$-0^t{,}0048$	$-0^t{,}0165$	$+0^t{,}0052$
	$-0^s{,}100$	$-0^s{,}088$	$-0^s{,}023$	$-0^s{,}027$	$-0^s{,}092$	$-0^s{,}029$

On a pris la moyenne de f_s et f_d parce que dans les observations méridiennes on utilise toujours ces deux fils pour chaque étoile : l'un avant le passage (avant le retournement) et l'autre après le passage au méridien (après le retournement).

Le 30 juillet on a changé les deux lampes d'éclairage du champ et l'on a fait de nouveau des mesures sur un point fixe (voir Tableau). On voit qu'avec le changement des lampes d'éclairage l'équation d'éclairage varie.

La série d'observations du 30 juillet confirme pleinement les résultats : le Cp trouvé est trop fort de $0^s, 11$ comparé aux Cp précédents par l'intermédiaire de l'instrument Prin (p_2). Ce qui correspond, d'après la formule (5), à la variation de l'équation d'éclairage de $+0^s, 065$. L'observation des étoiles circompolaires confirme ce résultat en donnant une augmentation de n de $+0, 061$ en accord avec la formule (3). Les résultats du Tableau donnent, pour l'éclairage complet, qui est celui qu'on utilise ordinairement, une augmentation d'équation de $+0^s, 073$ d'accord avec les observations d'étoiles.

Pour vérifier que cet écart ne dépend pas *seulement* de l'observateur S, mais aussi de l'instrument, on a fait une étude semblable sur l'instrument p_2. On a trouvé en moyenne une déviation à l'Ouest de $0^t, 0004$ qui est plus petite que l'erreur de lecture ($0^t, 001$), c'est-à-dire nulle.

L'équation d'éclairage varie d'un observateur à l'autre ; la différence entre les Cp de S et ceux de Cr (Mlle Chevallier) pendant les mois avril-juin 1928 est $-0^s, 137$. En utilisant la formule (5) on trouve $e_s - e_{cr} = -0^s, 086$. En comparant les n de deux observateurs, on trouve, d'après la formule (3), $e_s - e_{cr} = -0^s, 084$. Ces deux résultats confirment que cette différence provient d'une équation d'éclairage qui varie d'un observateur à l'autre.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur la méthode des réduites pour la solution approchée des problèmes de la Physique mathématique.* Note [1] de M. N. **Kryloff**, transmise par M. Hadamard.

Comme précédemment, je vais étudier la solution approchée des problèmes de la Physique mathématique au point de vue *de l'obtention de l'erreur pour les petites valeurs de n* (nombre des équations à résoudre pour obtenir les expressions approchées des coefficients de Fourier de la solution) *sous la forme le moins majorée possible.* Je vais considérer à ce point de vue la *méthode des réduites* (appliquée déjà comme procédé de calcul par les ingénieurs) et qui présente un cas très particulier d'une méthode générale considérée par moi jadis. Je l'appliquerai à la solution approchée des systèmes différentiels [2] du premier ordre à coefficients A_{ij}, F_i périodiques

---

[1] Séance du 6 août 1928.

[2] Où l'existence de la solution peut être aisément démontrée en utilisant comme d'ordinaire le théorème bien connu d'Arzélà.

de période T :

$$(1) \qquad L_i(x_1, x_2, \ldots, x_l) \equiv \frac{dx_i}{dt} - \sum_{j=1}^{l} A_{ij}(t) x_j = F_i(t) \qquad (i = 1, 2, \ldots, l);$$

dont les coefficients sont sujets à la condition restrictive suivante :

$$(2) \qquad \left| \sum_{ij}^{l} A_{ij}(t) x_i x_j \right| \geqq \alpha \sum_{i=1}^{l} x_i^2 \qquad (\alpha > 0),$$

mais le procédé est valable dans tous les cas où le système homogène n'admet pas de solutions périodiques différentes de zéro.

Déterminons les coefficients $a_{0_i}^{(m)}$, $b_{n_i}^{(m)}$, $a_{n_i}^{(m)}$ de la combinaison linéaire

$$x_i^{(m)} = a_{0_i}^{(m)} + \sum_{n=1}^{m} \left(a_{n_i}^{(m)} \cos n \frac{2\pi}{T} t + b_{n_i}^{(m)} \sin n \frac{2\pi}{T} t \right),$$

servant à approximer la solution périodique cherchée au moyen des équations linéaires de la méthode des réduites

$$\int_0^T [h_i(x_1^{(m)}, x_2^{(m)}, \ldots, x_l^{(m)}) - F_i] \begin{Bmatrix} \cos \\ \sin \end{Bmatrix} n \frac{2\pi}{T} t \, dt = 0,$$

$(n = 0, 1, 2, \ldots, m)$, $(i = 1, 2, \ldots, l)$, $(n = 1, 2, \ldots, m)$, $(i = 1, 2, \ldots, l)$,

résolubles par rapport à $a_{0_i}^{(m)}$, $a_{n_i}^{(m)}$, $b_{n_i}^{(m)}$, à cause de la supposition (2). On obtient les évaluations de l'*erreur moyenne quadratique*

$$(\mathrm{I}) \qquad \sqrt{\sum_{i=1}^{l} \frac{1}{T} \int_0^T [x_i - x_i^{(m)}]^2 dt} \leqq \sqrt{\sum_{i=1}^{l} \frac{1}{T} \int_0^T \{x_i - [x_i]_m\}^2 dt} \left(\sqrt{1 + \frac{N}{\alpha^2}} \right),$$

(où $[x_i]_m$ est la somme de Fourier d'ordre m de x_i),

et de l'erreur ponctuelle

$$(\mathrm{II}) \qquad \sqrt{\sum_{i=1}^{l} [x_i - x_i^{(m)}]^2} < \sqrt{\sum_{i=1}^{l} \{x_i - [x_i]_m\}^2} + E \sqrt{\sum_{i=1}^{l} \int_0^T \{x_i - [x_i]_m\}^2 dt},$$

où

$$\sum \left[\sum_{i=1}^{l} A_{ij}(t) A_{ik}(t) \right]^2 \leqq N^2, \qquad E^2 = \frac{N^2}{\alpha^2 T} + \frac{N^{\frac{3}{2}}}{\alpha^2} + \frac{N}{\alpha}.$$

En explicitant par exemple l'expression de l'erreur (II) au moyen des

formules de la théorie des séries trigonométriques on obtient sans peine

$$\text{(III)} \qquad \sqrt{\sum_{i=1}^{l}(x_i - x_i^{(m)})^2} < \frac{R}{(m+1)^{\frac{5}{2}}}\left(1 + \frac{S}{\sqrt{m+1}}\right),$$

où

$$R = \frac{T}{\sqrt{5\pi}}\left(\frac{T}{2\pi}\right)^{\frac{5}{2}}; \qquad S = \sqrt{\frac{5T}{2}};$$

$$M = \frac{D}{\alpha}\sqrt{\sum_{i=1}^{l}\int_0^T F_i^2\,dt} + \sqrt{\sum_{i=1}^{l}\int_0^T g_i'^{(1)2}\,dt}; \qquad D = \sqrt{\sum_{i,j} e_{ij}'^{(1)2}};$$

$$g_i'^{(1)} = g_i' + \sum_{j=1}^{l} e_{ij}F_j, \qquad e_{ij}'^{(1)} = \sum_{k=1}^{l} e_{ik}A_{kj} + e_{ij}';$$

$$e_{ij} = \sum_{k=1}^{l} A_{ik}A_{kj} + A_{ij}', \qquad g_i = F_i' + \sum_{j=1}^{l} A_{ij}F_j.$$

Un de mes élèves, M. N. Bogoliouboff, a obtenu l'évaluation de caractère asymptotique que je reproduis ici avec le consentement de son auteur :

$$\text{(IV)} \qquad \sqrt{\sum_{i=1}^{l}[x_i - x_i^{(m)}]^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^{l}(x_i - [x_i]_m)^2}\left(1 + \frac{\theta_1\sqrt{e}}{\frac{2\pi}{T}(m+1)}\right) + \frac{\theta_2\beta}{\frac{2\pi}{T}(m+1)}\sqrt{\sum_{i=1}^{l}\int_0^T (x_i - [x_i]_m)^2},$$

où

$$|\theta_1| < 1; \qquad |\theta_2| < 1; \qquad e = \max\left(\sum_{ij} A_{ij}^2\right); \qquad \beta = \frac{\mu}{\sqrt{T}} + \sqrt{eT} + \lambda;$$

$$\lambda = \sum_{ij}\int_0^T A_{ij}'^2\,dt; \qquad \mu = \frac{1}{\alpha}(\sqrt{e_1} + e\sqrt{e} + e\sqrt{e_1}); \qquad e_1 = \max\left(\sum_{ij} A_{ij}'^2\right).$$

Pour conclure, remarquons que, par la même analyse, on peut obtenir les appréciations de l'erreur commise à la $m^{\text{ième}}$ approximation pour l'équation différentielle du $l^{\text{ième}}$ ordre et même pour des systèmes différentiels beaucoup plus généraux en utilisant la méthode des réduites sous ses formes différentes, c'est-à-dire en explicitant de différentes façons (¹) l'opérateur

(¹) N. Kryloff, *Sur une méthode d'intégration approchée, etc.* (*Comptes rendus*, 182, 1926, p. 676).

linéaire $M(y)$. De même, comme il a été déjà remarqué plus haut, peut être aussi traité le cas général [c'est-à-dire sans faire l'hypothèse restrictive (2)].

La démonstration des formules (I), (II), (III) paraîtra prochainement.

ÉLECTROCHIMIE. — *Nouvelles recherches sur des piles contredisant le second principe de la thermodynamique.* Note [1] de M. **Vasilesco Karpen**, présentée par M. Paul Janet,

Je continue, dans la présente Note, l'exposition des expériences tendant à démontrer l'existence de piles électriques (piles K), dont le fonctionnement n'entraîne aucune modification des éléments dont elles sont formées, leur énergie étant entièrement et indéfiniment empruntée au milieu environnant [2].

La pile, formant l'objet de la Note précédant celle-ci, était formée d'une électrode en platine platiné et d'une seconde électrode en graphite Acheson, plongeant toutes les deux entièrement dans une *solution saturée* de soude caustique. La f. é. m. était d'environ un demi-volt, *le graphite étant positif.*

Si l'on diminue graduellement la concentration en soude de l'électrolyte, la f. é. m. diminue, s'annule pour une certaine valeur de la concentration et ensuite change de sens, *le graphite devenant négatif;* pour la concentration nulle (eau distillée) la f. é. m. est d'environ 0,1 volt.

Dans la pile à solution saturée, la présence de l'air (oxygène) paraissait indispensable à la production de la f. é. m. et cette présence prêtait à des objections, quant à l'absence de réaction entre électrodes et solution. Si, au contraire, les solutions sont moins concentrées ou si elles se réduisent à de l'eau distillée, l'extraction de l'air modifie la f. é. m. sans l'annuler. Pour une certaine concentration, l'extraction de l'air change le sens de la f. é. m.

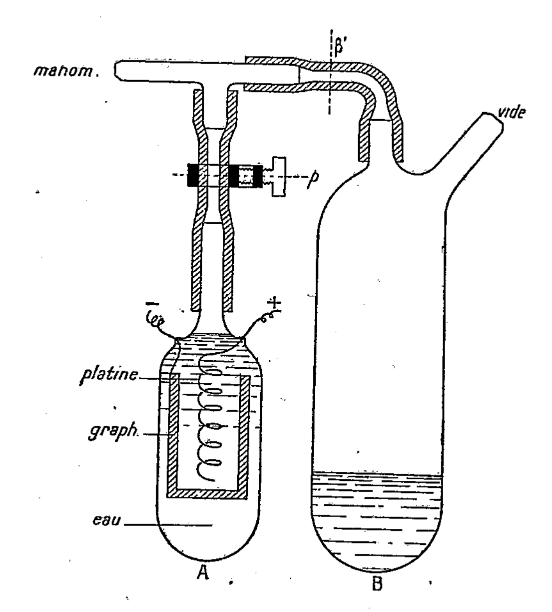
La pile est contenue dans un tube en verre A; une électrode est formée

---

(1) Séance du 13 août 1928.

(2) Voir *Bulletin de la Société française de Physique* du 7 mai 1926, n° 231, p. 70; *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 766 et 942; 186, 1928, p. 230. J'ai abandonné, depuis quelques années, les expériences sur les premières piles de ce genre (*Comptes rendus*, 175, 1922, p. 96) qui m'ont mis sur la voie de ces recherches, mais dont les électrodes en métaux communs, tels le zinc, fer, cuivre, nickel, etc., donnent lieu, à la longue, à des phénomènes secondaires qui empêchent toute conclusion rigoureuse. Je m'en suis tenu aux piles à électrodes inattaquables.

d'un ruban de platine de $0^{mm},02$ d'épaisseur, 6^{mm} de largeur et environ 120^{cm} de longueur, *abondamment platiné*, enroulé sur un support en verre; la seconde électrode est formée de deux lames de 6×12^{cm}, découpées dans



une plaque de graphite Acheson de 8^{mm} d'épaisseur, situées de part et d'autre de l'électrode en platine, reliées entre elles et soutenues également par des supports en verre. L'électrolyte est de l'eau distillée.

Le tube A communique avec un second tube B, avec la pompe à vide et avec un manomètre. Le vide est maintenu pendant une vingtaine d'heures, en chauffant alternativement les tubes A et B à environ 95° et en faisant passer l'eau par évaporation, plusieurs fois de A dans B et réciproquement; le tube A vidé d'eau est également chauffé, dans le vide, de façon à purger pratiquement d'air le système. La pince *p* est alors serrée et A est placé dans un thermostat.

La f. é. m. de la pile varie avec la température dans des proportions inusitées; chaque température doit être maintenue au moins une trentaine d'heures, pour que la f. é. m. atteigne la valeur correspondante.

Dans le tableau suivant sont marquées : la température t; la f. é. m. correspondante E; l'expression $W = E_m - T_m \frac{\Delta E}{\Delta t}$ qui, si le second principe était applicable, représenterait la chaleur produite par la combinaison grâce à laquelle la pile fonctionnerait (E_m, f. é. m. moyenne; T_m, température absolue moyenne).

$t =$	28°.	71°.	96°.
E (volt) =	0,070	0,190	0,335
$E_m - T_m \frac{\Delta E}{\Delta t} =$		−0,830	−1,806

De ces résultats on peut tirer les conclusions suivantes :

a. Si le second principe de la thermodynamique était applicable, le fonctionnement de la pile impliquerait une réaction de l'eau privée d'air sur le graphite ou le platine; une telle réaction paraît invraisemblable.

b. Cette réaction se ferait, suivant le tableau précédent, avec une *absorption* de chaleur de grandeur non encore rencontrée, équivalant pour une température comprise entre 71° et 96°, à presque deux fois celle *développée* dans la réaction de la pile Daniel et, fait étrange, la chaleur absorbée varierait du simple à plus du double, pour une variation relativement peu importante de la température.

c. Il semble bien difficile d'expliquer par des réactions chimiques, le changement de sens de la f. e. m. produit par la variation de la concentration en soude de l'électrolyte ou de la proportion d'air dissous. Ce fait n'est d'ailleurs pas particulier à la pile précédente; il se produit avec d'autres piles K, par exemple avec des électrodes en platine et en or.

Ces nouveaux résultats me semblent confirmer les conclusions tirées des expériences précédemment décrites et tendant à prouver la contradiction du second principe de la thermodynamique par les piles K.

CHIMIE ORGANIQUE — *Sur l'hydrogénation du nitrobenzène par le noir de platine.* Note (¹) de MM. **G. Vavon** et **Crajcinovic**, transmise par M. Moureu.

On sait que l'hydrogénation des dérivés nitrés, par le platine ou le palladium, conduit aux amines primaires.

Cusmano (²), qui a étudié le mécanisme de cette réaction, admet la formation successive du dérivé nitrosé, de l'hydroxylamine, puis de l'amine. Si l'on ne peut obtenir les corps intermédiaires en arrêtant l'expérience en cours de route, c'est parce que ces corps s'hydrogènent plus facilement que le dérivé nitré lui-même : ainsi dans un mélange de *p*-nitrotoluène et de

(¹) Séance du 30 juillet 1928.

(²) Cusmano, *Atti R. Accad. Lincei*, 26, 1917, p. 87.

phénylhydroxylamine, c'est l'hydroxylamine qui s'hydrogène la première.

Toutefois dans l'hydrogénation de la nitroso-8-menthone, Cusmano a pu isoler la menthyl-8-hydroxylamine. Pour démontrer la formation transitoire d'hydroxylamine, Nord (1) a hydrogéné l'*o*-nitrobenzaldéhyde et l'*o*-nitroacétophénone par le platine colloïdal; il a obtenu de l'anthranile et du méthylanthranile et interprété leur formation par la condensation du groupement NHOH avec la fonction aldéhyde ou cétone. Nord a de plus essayé de mettre en évidence la phénylhydroxylamine au cours de la réduction catalytique du nitrobenzène, mais n'a pu déceler, par la liqueur de Fehling, que des traces de substance réductrice.

Nous avons repris l'étude de cette question et cherché, au cours de l'hydrogénation du nitrobenzène, *à capter la phénylhydroxylamine par un réactif approprié, de façon à la soustraire à une hydrogénation ultérieure en amine.*

Or la phénylhydroxylamine se condense avec les aldéhydes pour donner des nitrones qui s'hydrogènent par le noir de platine, en hydroxylamine β disubstituées [Cusmano (2)].

Ainsi l'on a :

$$C^6H^5-NHOH + C^6H^5CHO = H^2O + C^6H^5-N\begin{smallmatrix}\not\!\!/O\\ \searrow CH-C^6H^5\end{smallmatrix}$$

$$C^6H^5-N\begin{smallmatrix}\not\!\!/O\\ \searrow CH-C^6H^5\end{smallmatrix} + H^2 = C^6H^5-N\begin{smallmatrix}/OH\\ \backslash CH^2-C^6H^5\end{smallmatrix}$$

Cette condensation est d'ailleurs rapide, comme nous l'avons constaté au cours d'un travail récent sur les oximes.

Nous avons, par suite, effectué l'hydrogénation du nitrobenzène en présence d'aldéhyde benzoïque ou de pipéronal.

Suivant que l'on arrête l'opération après fixation de 2 ou 3 molécules d'hydrogène, on recueille la nitrone ou son hydrure. Ce dernier étant plus difficile à purifier que la nitrone, nous avons cherché à isoler celle-ci et trouvé que les rendements les meilleurs (40 pour 100) étaient obtenus après fixation de $1^{mol},8$ d'hydrogène par molécule de nitrobenzène. Dans ces conditions on isole, à côté de la nitrone, un peu de son hydrure; comme, d'autre part, il peut rester du nitrobenzène inaltéré et qu'une partie de la phénylhydroxylamine a pu échapper à la condensation, il en résulte que *la majeure partie du nitrobenzène passe bien par le terme phénylhydroxylamine.*

---

(1) NORD, *D. Ch. G.*, 52, 1919, p. 1705.

(2) CUSMANO, *Gaz. ch. ital.*, 51, 1921, p. 306.

Il en est vraisemblablement de même quand la réduction est faite en l'absence d'aldéhyde.

Détails expérimentaux. — On emploie des poids égaux de nitrobenzène et de benzaldéhyde, on hydrogène par le noir de platine en milieu alcoolique ou acétique. Après avoir fixé $1^{mol},8$ d'hydrogène, on arrête l'expérience, filtre le liquide, neutralise l'acide par la soude, chasse l'alcool sous vide. On lave le résidu solide par l'éther de pétrole; on le dissout dans le benzène à chaud et l'on précipite par l'éther de pétrole. Il se dépose des aiguilles fondant à 112°, point de fusion de la phényl-N-phénylnitrone. L'analyse de ces aiguilles correspond à la formule de la nitrone $C^{13}H^{11}ON$.

Si l'on poursuit l'hydrogénation jusqu'au bout, il se fixe environ $3H^2$. Le produit formé, après cristallisation dans l'éther de pétrole, puis dans l'acétate d'éthyle, fond à 86° (85° Cusmano).

L'analyse assigne à ce corps la composition de l'hydrure de nitrone $C^{13}H^{13}ON$.

En remplaçant l'aldéhyde benzoïque par le pipéronal, on obtient et purifie comme ci-dessus la pipéronyl-N-phénylnitrone fondant vers 135°.

Quelques essais faits sur les nitrotoluènes et l'aldéhyde benzoïque ne nous ont pas permis jusqu'ici d'isoler les nitrones correspondantes.

GÉOLOGIE. — *Sur les faciès du Jurassique au Maroc occidental.* Note de M. **Edouard Roch**, présentée par M. L. Cayeux.

Les géologues ont eu depuis longtemps l'attention attirée par le peu de développement du Jurassique au Maroc occidental, alors que ce terrain couvre des surfaces très grandes dans le Moyen Atlas et le Grand Atlas oriental ([1]). Aussi l'hypothèse qui vient de suite à l'esprit est-elle celle d'un axe émergé de la chaîne hercynienne à cette époque.

Cependant L. Gentil ([2]) pensait que les mers jurassiques avaient recouvert l'Atlas « car nulle part, aux approches du massif ancien, il n'a été trouvé de dépôts pouvant laisser supposer la proximité de quelque rivage de ces mers secondaires ».

Par contre, ce savant croyait à l'existence d'un massif central du Grand Atlas émergé au Crétacé, « des dépôts arénacés témoignant de la proximité des rivages ».

L'hypothèse inverse a été soutenue par J. Savornin ([3]). « Bien qu'on ne connaisse pas de formations littorales dans le Jurassique, on est auto-

([1]) L. Gentil, *Carte géologique provisoire du Maroc*, 1920.

([2]) L. Gentil, *Le Maroc physique*, 1912, p. 40-43.

([3]) J. Savornin, *État actuel des connaissances sur la géologie du Maroc français*, 1922, p. 9, Alger.

risé à admettre que cette lacune est originelle. » Pour cet auteur, l'axe de cette portion d'Altaïde « passe sensiblement par Marrakech et Rabat ».

J'ai pu au printemps dernier parcourir aisément le territoire de la tribu des Ida ou Tanan, au nord-est d'Agadir et comparer les faciès du Jurassique de cette région avec celui du bord de l'Océan.

Aux environs de Mogador et le long de la côte atlantique, on connaît :

1° Un Jurassique rouge représenté par des grès d'abord blancs, puis rouges avec calcaires à Bélemnites, enfin par 150^m de marno-calcaires jaunes et marnes vertes et rouges,

2° Un Callovo-Oxfordien décrit en 1905 par L. Gentil et P. Lemoine, caractérisé par une faune de Brachiopodes, auxquels sont associés des Lamellibranches ; j'y ai découvert aussi des Oursins et des Céphalopodes pyriteux (*Peltoceras athleta*, *P. annulare*) qui précisent bien l'âge moyen de ces couches.

3° Un Lusitanien, avec des calcaires à Nérinées et à Oursins (*Typocidaris marginata* Goldf. sp.).

4° Une série jurassico-crétacée débutant vraisemblablement au Kiméridgien pour se terminer avec le Berriasien à *Spiticeras ;* c'est un ensemble de marno-calcaires et de marnes vertes.

Dans les Ida ou Tanan et en se rapprochant de plus en plus de la partie hercynienne de l'Atlas, c'est-à-dire en allant de l'Ouest à l'Est, on relève une succession trahissant des faciès encore plus littoraux que ceux que je viens de décrire.

1° Le Jurassique rouge est représenté par : *a*. 100 à 120^m de calcaires noirs, de grès blancs gypseux, marneux, en petits bancs alternant avec des marnes vertes ; certains bancs de ces calcaires noirs sont extrêmement riches en débris d'Ostracés et de Brachiopodes ; *b*. 100^m de marnes rouges et grès rouges passant même à des conglomérats.

On assiste à une réduction d'épaisseur de cet ensemble en se rendant encore plus à l'Est, où l'on voit s'intercaler, dans les couches, des lentilles de gypse.

J'ai indiqué l'année dernière (1) que ce Jurassique rouge pouvait représenter le Dogger, mais on peut concevoir aussi bien, malgré l'absence de tout fossile caractéristique, que la partie inférieure (*a*) corresponde au

---

(1) *Comptes rendus sommaires de la Société géologique de France*, séance du 7 novembre 1927.

Lias, inconnu dans le sud du Maroc occidental, et que la partie supérieure (*b*) soit le Dogger.

2° Le Callovo-Oxfordien, encore fossilifère à Céphalopodes, montre cependant, à côté de calcaires vaseux, des bancs de calcaires récifaux à Nérinées, un peu comme dans le Lusitanien, mais on l'en différencie aisément par la faune de Brachiopodes.

3° Le Lusitanien voit son épaisseur diminuer; les fossiles deviennent plus rares. Ce sont d'abord des calcaires extrêmement dolomitiques, qui passent vers l'Est à un banc de grès à Nérinées.

4° Le Jurassico-Crétacé devient aussi un peu gréseux et rouge à la base en se rapprochant du massif hercynien.

Mais tandis que les trois premiers étages du Jurassique ne s'engagent pas dans le sillon subatlasique, c'est-à-dire entre Grand Atlas et Djebilets, le Jurassico-Crétacé est transgressif et discordant sur le Permo-Trias ou le Primaire; il forme certainement la partie inférieure des collines subatlasiques jusque vers Amismiz, après quoi il devient difficile de le définir dans cet ensemble rouge qui correspond aussi au Néocomien.

Les trois étages dont nous nous occupons surtout ici forment une frange de 70^{km} au maximum le long du bloc Djebilets-Grand Atlas. Au delà vers l'Est, c'est le Jurassico-Crétacé qui vient au contact avec le Permo-Trias et l'Hercynien.

Cette observation, jointe à celle qui est tirée des modifications de faciès du Jurassique que je viens de décrire, milite hautement en faveur d'un *massif émergé* à cette époque, non seulement dans l'Atlas, de la vallée de l'Aït Moussi à Telouet, mais aussi dans les Djebilets et la Méseta. C'est à l'hypothèse de M. Savornin qu'il en faut donc revenir.

Par contre, la notion d'un « massif central du Haut-Atlas occidental » pendant le Crétacé ne s'impose pas d'une façon absolue. En effet le Crétacé se trouve, notamment au sud d'Amismiz, à plus de 2000^{m} d'altitude, en paquets abaissés par des mouvements tectoniques. On peut donc aussi bien penser que cette portion occidentale de la chaîne a été recouverte en son entier par les formations lagunaires du Crétacé [1].

---

[1] Il faut noter cependant que M. Moret a décrit près de Medinet un Sénonien subcontinental rougeâtre (*Comptes rendus sommaires de la Société géologique de France*, séance du 7 novembre 1927).

SISMOLOGIE. — *Tremblements de terre en France en* 1927. Note (1) de MM. E. **Rothé**, J. **Lacoste** et Mlle Y. **Dammann**, présentée par M. Bigourdan.

Dix-sept tremblements de terre bien caractérisés ont été ressentis en France au cours de l'année 1927; d'autres secousses faibles ou douteuses sont indiquées à la fin de cette Note. Aucun phénomène n'a été signalé dans le Plateau Central. L'Alsace et les Vosges se sont également montrées plus stables qu'en 1926. La région pyrénéenne accuse comme les deux années précédentes de petits séismes de très faible intensité qui ne sauraient être comparés aux tremblements de terre intenses et étendus de 1923 et 1924. Dans le Sud-Est, une secousse assez violente a causé quelques dégâts dans la région du mont Ventoux. Mais c'est dans l'Ouest et le Nord-Ouest (en particulier en Bretagne et en Normandie) que semble actuellement se manifester l'activité séismique de la France (2).

Région du Nord-Ouest. — Le 17 *février*, $23^h17^m36^s$, un tremblement de terre dont l'épicentre se trouve entre la côte française et les îles anglo-normandes (49°, 2 N; 1°, 9 W) a ébranlé toute la Normandie et une grande partie de la Bretagne. L'intensité maximum (VI) a été observée dans l'île de Jersey et sur la côte ouest du Cotentin. Le 21 *août* vers 7^h25^m, secousse ressentie sur la côte ouest du Cotentin (Créances, Piron, Humesnil, IV). Le séisme du 19 *novembre*, $23^h03^m31^s$, observé sur une très grande étendue en Normandie, en Bretagne, dans le Maine, l'Anjou, la Touraine et le Poitou paraît avoir son origine (48°, 9 N; 0°, 3 E), à la limite des départements du Calvados et de l'Orne (Falaise, la Ferté-Fresnel, Alençon, Le Mans, VI).

Région du Nord-Est. — Le 18 *février* à 1^h, secousse locale à Forbach (Moselle). Le 9 *mai* vers 1^h40^m, tremblement de terre de faible intensité mais assez étendu, ressenti dans le Bas-Rhin (Strasbourg, IV), le Haut-Rhin (Kembs, Sainte-Marie-aux-Mines) et à Bâle.

Région de l'Ouest. — Loire-Inférieure : 10 *janvier*, vers 5^h45^m, secousse de degré IV ressentie dans la vallée inférieure de l'Erdre (de Pont-Saint-Martin à Châteaubriant) et de Monnières à Savenay et Saint-Joachim. Le 1er *octobre*, vers 1^h30^m, un tremblement plus important s'est produit dans la région du lac de Grand-Lieu (V-VI) et s'est

(1) Séance du 13 août 1928.

(2) L'étude détaillée des tremblements de terre en France sera publiée dans un autre Recueil. Celle des séismes du Nord-Ouest a été faite par M. L. Collin.

propagé principalement vers le NNE jusqu'à Redon et Saint-Brice-en-Coglès et vers le SW jusqu'à Noirmoutier, Saint-Jean-de-Monts et La Génétouze.

Région du Sud-Ouest. — Hautes-Pyrénées : faibles secousses le 7 *janvier* à $18^h 45^m$ (Argelès et Estaing, IV, Tarbes, III), le 23 *février* à $2^h 40^m$ (Bagnères-de-Bigorre et Argelès, III) et le 17 *décembre* (Bagnères). — Basses-Pyrénées : 15 *janvier*, $2^h 00^m$, Issor et Arrette, III. — Le 12 *mars*, un séisme dont l'épicentre se trouve aux environs de Montseny (Espagne) a été ressenti dans les Pyrénées-Orientales (Banyuls-sur-Mer, Perpignan, Rivesaltes, IV) et faiblement dans l'Aude.

Région du Sud-Est. — 28 *janvier*, Sospel (Alpes-Maritimes), III. — 6 *avril*, Guillestre et Risoul (Hautes-Alpes), III. — 24 *juillet*, vers $21^h 30^m$, secousse assez violente au pied du mont Ventoux, particulièrement forte à Veaux, Malaucène, Beaumont et Saint-Léger (fissures dans différents édifices, VII). — 7 *août*, vers $12^h 30^m$, secousse ressentie dans l'arrondissement de Nîmes (Meynes, V) et à Mézoargues (Bouches-du-Rhône). — Le 11 *décembre*, à $15^h 50^m$, un séisme dont l'épicentre est en Italie, dans la région du mont Cenis, a été observé en Savoie, à Avrieux, Lanslebourg, Modane et Bozel.

Des secousses faibles ont en outre été signalées dans les Basses-Pyrénées le 8 janvier à 2^h (Oloron) et à $8^h 45^m$ (Monein) et dans l'Ariège le 13 décembre (Ascou)

SPÉLÉOLOGIE. — *Sur les quatre plus profonds abîmes (puits naturels) du monde (Italie : 420 à 637^m).* Note [1] de M. **E.-A. Martel.**

La Société des *Sucai* de Vérone a exploré à quatre reprises, de juin 1925 au 17-18 septembre 1927 (sous la direction du Professeur Stegagno), le gouffre ou *Buse della Preta* (baptisé abîme Mussolini). Il s'ouvre à 27^{km} au nord de Vérone, par 1475^m d'altitude, dans les Monte-Lessini (1545 à 1867^m). Dix puits verticaux (dont deux de 159 et 128^m) superposés dans des diaclases du crétacique inférieur et du jurassique entier (jusqu'au lias) ont conduit à la formidable profondeur de 637^m. Entre 300 et 330^m le creusement s'est fait (en labyrinthe) dans de bas et étroits joints de stratification, qu'il a fallu désobstruer et agrandir : le plus petit trou n'avait que $0^m,40$ sur $0^m,25$ de diamètre. Les percolations (infiltrations du dehors) sont abondantes. L'eau s'écoule à travers d'innombrables *marmites* de 1 à 3^m de diamètre et de creux. A 600^m sous terre une forte cascade jaillit d'une paroi. Au fond un petit lac de 15^m de diamètre se déverse dans des crevasses impénétrables. La réapparition des eaux souterraines doit se faire beau-

(1) Séance du 13 août 1928.

coup plus bas, dans la vallée drainante de l'Adige (alt. 125^m) à 1350^m, en dessous de l'orifice. La température intérieure est basse, 4° à 5°,2 C. à cause de la fraîcheur des infiltrations venant de la montagne.

L'abîme de *Montenero*, au sud des Mines d'Idria (Carniole) est à 640^m d'altitude. L'Associazione XXX Ottobre (de Trieste) sous la direction de M. Ces. Prez, a trouvé le fond, le 12 septembre 1926, à 480^m sous terre, devant un petit lac de 20^m sur 10^m ayant 20^m d'eau, ce qui donne une profondeur totale de 500^m. Il y a dix puits successifs (ceux de 85^m et 65^m) dans le crétacique et le jurassique supérieur. Il a fallu déblayer des couloirs de $0^m,40$ de largeur. Le lac est clos de toutes parts. On retournera voir, après sécheresse, si l'on y trouverait l'eau plus basse et quelque siphon désamorcé. On ne connaît pas sa résurgence. Entre le gouffre et Idria celle de Divjo-Jezero (bassin de plus de 35^m de profondeur) distante de 3^{km} est à 329^m d'altitude. L'abîme descendant à 160-140^m il n'y a ici pas plus de *nappe d'eau* que de *niveau hydrostatique*. La température est très basse (4° C.), comme à la Preta.

L'abîme *Bertarelli ou della Marna*, profond de 450^m (chiffre rectifié), a été décrit aux *Comptes rendus*, 182, 4 janvier 1926, p. 72, et dans la *Géographie* de septembre-octobre 1926 (p. 213 et coupe).

De 1925 au 5 février 1928, M. Cés. Prez et l'Assoc. XXX Ottobre ont exploré le gouffre de *Clana* (ou *Federigo Prez*) à 12^{km} au nord de Fiume (alt. 560^m, prof. 420^m). Treize puits superposés en spirale (de 5 à 70^m). Il absorbe après les pluies le torrent dit Rjeka ou Recina. Très large à l'intérieur (10 à 30^m) avec un rétrécissement à 190^m. Dans les calcaires à rudistes (beaux fossiles) jusqu'à 393^m, puis dans le calcaire noir bitumeux. D'abondantes infiltrations arrivent par des cheminées de voûtes, remplissent de grandes marmites d'érosion et forment des ruisseaux intérieurs et une forte cascade finale, qui disparaît dans le sable et les crevasses du fond (alt. 140^m). On ignore la résurgence (Fiumara de Fiume? ou sources sous-marines vers Abbazia?).

Ces quatre abîmes énormes, et terriblement périlleux, confirment toutes les nouvelles données fournies par leurs congénères depuis quarante ans : creusement de haut en bas, aux dépens de fissures préexistantes, par la corrosion (chimique) et l'érosion (mécanique) des eaux engouffrées; les absorptions y continuent de nos jours (comme dans le Jura et en Angleterre) malgré la latitude plus méridionale, mais sur une échelle plus petite qu'autrefois; il n'y a point d'effondrements; les eaux s'emmagasinent dans

des réservoirs verticaux; le calcaire fissuré est une *roche froide*, où les percolations, venant de haut, mettent la géothermique en échec; les désobstructions et élargissements permettront de continuer les recherches dans tous les gouffres où l'on a été jusqu'ici arrêté par des bouchons de débris et des rétrécissements; ces grandes profondeurs prouvent que les perforations d'abîmes ne sont pas qu'un *phénomène superficiel*, etc.

Et surtout ceux des montagnes (comme la Preta, les chouruns du Dévoluy et des Alpes, les barrancs et les Lesias des Pyrénées, les puits à neige du Caucase, etc.) imposent la recherche des anciennes relations entre les faits tectoniques, la dénudation générale et les vallées inachevées dont les abîmes ont englouti les cours d'eau.

Il en est de même du *Garagaï de la Montagne Sainte-Victoire* d'Aix à 46^m en dessous du sommet de la Croix de Provence (946^m) : ce gouffre légendaire vient enfin d'être exploré (28 juin 1928) par MM. Denizot, de Joly, comte de Gasparin, etc.

Ils l'ont trouvé obstrué à 142^m et bien moins profond qu'on ne le croyait (146^m avec une fissure impénétrable qu'il faudrait agrandir). C'est un aven *mort*, *fossile* (un groupe d'avens plutôt). Que sont devenus le bassin de réception pluviale et la vallée torrentielle, dont les eaux disparues ont jadis érodé cet abîme aujourd'hui perché sur une cime à 900^m en l'air?

PÉDOLOGIE. — *Sur quelques sols rouges de Cochinchine.* Note (¹) de M. V. **Agafonoff.**

Tous ces sols rouges proviennent des domaines de Suzannah, An-Loc et Camtien; ils résultent de la décomposition des basaltes. Du point de vue chimique cette décomposition consiste (voir le Tableau I : analyses globales) dans une disparition progressive et presque complète de la magnésie, un lessivage progressif des alcalis, de la chaux et une oxydation de la plus grande partie de FeO en Fe^2O^3. De plus il apparaît une grande quantité d'eau de constitution (12-16 pour 100) et une quantité appréciable d'eau hygroscopique. La teneur en alumine et titane est presque doublée.

Du point de vue minéralogique, la transformation du basalte en sol rouge commence, comme le montre l'étude des plaques minces, par la

(¹) Séance du 13 août 1928.

transformation progressive de l'olivine en bowlingite rouge, transparente, de densité et d'indice de réfraction variables, mais toujours plus petits que ceux de l'olivine. Un peu plus tard commence la désagrégation des lames de plagioclases et des cristaux d'augite. Quand tous les cristaux d'olivine sont transformés en bowlingite, commence la formation de la bauxite et ensuite la transformation de la bowlingite en stilpnosidérite. Quand ces processus arrivent à leur fin, le sol rouge consiste en grains amorphes de diamètre de 0,1 micron qui s'agglomèrent en formations sphériques de quelques microns, parfois même de quelques dizaines de microns; dans cette masse se trouvent disséminés des grains plus gros de quartz et parfois de petits morceaux de bowlingite (très rarement), magnétite et doëltérite.

TABLEAU I.

	Anloc			Susannah			
	Terre rouge (n° 1). Profondeur $0^m,50$.	Terre rouge (n° 6). Profondeur $5^m,50$.	Basalte décomposé (n° 10). Profondeur $9^m,50$.	Basalte frais (A. Lacroix).	Terre rouge (1-5^{cm}).	Terre rouge (50-60^{cm}).	Bienhoa (n° 8).
SiO^2...	30,98	29,30	43,14	50,46	29,18	29,96	10,80
Al^2O^3..	27,65	26,65	19,00	15,00	24,91	28,73	11,25
Fe^2O^3..	19,54	21,72	13,94	3,06	18,06	18,61	57,85
FeO...	1,85	2,26	1,85	7,96	2,26	1,66	1,64
MgO...	0,32	traces	2,23	7,32	traces	traces	traces
CaO...	0,32	0,44	1,72	8,72	1,00	0,48	0,96
Na^2O..	0,12	0,27	1,28	2,93	0,19	0,21	0,27
K^2O...	0,24	0,24	1,12	1,45	0,13	0,20	0,05
TiO^2...	3,18	3,82	2,10	1,82	4,10	3,62	2,52
MnO...	0,39	0,31	0,36	0,18	0,49	0,33	0,39
P^2O^5...	0,22	0,11	0,24	0,44	0,49	0,28	0,55
H^2O+.	12,41	12,18	7,44	0,76	15,94	13,18	12,36
H^2O-.	2,54	2,79	5,89	0,24	3,62	3,02	1,57
Cl.....	0,09	0,06	0,05	»	0,04	0,06	0,06
	99,85	100,15	100,36	100,34	100,41	100,34	100,27

Ainsi la décomposition biochimique du basalte se termine par la formation d'une couche considérable (5-6^m) du sol rouge, composé principalement de bauxite, de stilpnosidérite et de grains extrêmement fins d'aluminosilicates hydratés; cette dernière partie à grande « dispersion », qui contient les « éléments fertilisants », se trouve être justement le « complexe absorbant »

(Gedroïtz), qui est la cause d'une telle ou autre structure du sol et d'une telle ou telle fertilité.

La ressemblance de nos analyses des sols rouges avec quelques anciennes analyses de ces sols des autres pays, montrant que le sol rouge est un type bien déterminé, donne l'espoir que la décomposition du « complexe absorbant » de ces sols, le lessivage complet des éléments fertilisants et transformation du sol rouge en latérite stérile sera encore longue. Les dosages faits à l'Institut des recherches agronomiques décèlent la présence dans ces sols rouges, même dans les échantillons désignés comme stériles, d'une quantité non seulement suffisante, mais parfois très grande, des éléments « fertilisants » (azote 0,43 pour 100; potasse — 0,03-0,1 pour 100). C'est pour cela qu'il faut rechercher une des causes de cette stérilité dans les petits changements de la structure du sol causés peut-être par les différents défrichements. D'autre part, le Tableau II nous montre qu'à côté d'une assez grande dissociation des ions H (pH-acide) la quantité des bases (chaux et magnésie) absorbées (dosages de M. Zvorykine) est très faible et ne peut pas neutraliser les produits acides de la décomposition des restes organiques qui se trouvent dans le sol. Dans ces conditions la structure de celui-ci devient défavorable à l'agriculture, surtout dans les pays à grandes chutes de pluie qui rendent difficiles l'aération et le processus aérobiotique.

TABLEAU II.

L'échange des ions des bases du sol par les ions H (*méthode Gedroïtz*) *et le dosage de* pH.

Échantillons et localités.	CaO.	MgO.	pH.
Terre rouge. Prof. $0^{m},05$ (Anloc n° 1)	0,217	0,073	5,41
Terre rouge. Prof. $5^{m},5$ (Anloc n° 6)	0,174	traces	4,57
Basalte décomposé. Prof. $9^{m},5$ (Anloc n° 10)	0,330	0,087	5,58
Terre rouge. Prof. 1–5^{cm} (Susannah)	0,250	traces	5,41
Terre rouge. Prof. 25–30^{cm} (Susannah)	0,200	traces	»
Terre rouge. Prof. 50–60^{cm} (Susannah)	0,190	traces	5,24
Bienhoa n° 8 (Susannah)	0,210	traces	6,43

Parmi les autres formations obtenues par la décomposition du basalte, nous nous arrêterons seulement sur les « bienhoa », concrétions ferro-argileuses de structure pisolitique. Comme le montrent les plaques minces, ils représentent les différentes phases de cette décomposition, enrichies de fer (voir le Tableau I). La seule explication possible de cet enrichis-

sement est donnée par M. A. Lacroix, quand il souligne l'analogie des « bienhoa » avec la cuirasse des latérites africaines, à savoir la montée de bas en haut, pendant les périodes de sécheresse, des solutions et des suspensions riches en fer.

PHYSICO-BIOLOGIE. — *Le radium agit-il sur les Insectes au cours de leur métamorphose?* Note (¹) de Mme **Hufnagel** et M. **de Nabias**, transmise par M. F. Mesnil.

Nous nous sommes proposé d'étudier l'action des rayons gamma du radium sur la métamorphose des Insectes. Nous savons, depuis les travaux de Bohn, Regaud, Bergonié et Tribondeau, que les rayons agissent sur la chromatine nucléaire, celle-ci étant surtout sensible pendant la phase de division caryocinétique. Nous avons donc pensé qu'il serait intéressant d'étudier l'action des rayons du radium sur les Insectes au cours de leur métamorphose, pendant une grande partie de laquelle l'activité caryocinétique est particulièrement intense dans les ébauches des organes imaginaux. Nous avons pris comme objets de nos expériences un diptère (*Calliphora*) et un lépidoptère (*Hyponomeuta*).

Nous avons employé pour nos expériences de petits cristallisoirs, soit encore des couvercles de petites boîtes de Petri, qui servaient de récipients à nos animaux. Nous nous sommes servis de tubes de 2^{mg} et de tubes de 10^{mg} de Rae filtrés et inclus dans la pâte Colombia n° 3. L'appareil ainsi constitué était posé, comme un couvercle, directement sur le récipient. Dans toutes nos expériences nous eûmes soin de soustraire chaque jour un certain nombre de sujets aux rayons afin de pouvoir observer l'évolution de ces prélèvements successifs tandis que le reste du lot restait soumis aux rayons.

a. Expériences faites sur « Calliphora » :

Première série d'expériences. — Pupes blanches de *Calliphora*, appareil radifère contenant 3 tubes de 2^{mg} de radium élément, filtrés à 1^{mm} de platine. Distance entre les pupes et les tubes de Rae : 3^{cm} environ. Nous avons exposé les *Calliphora* aux radiations pendant 2 heures, 12 heures, 1 jour, etc., jusqu'à 8 jours. *Quantités reçues* pendant 8 jours : dose 6^{mg} Rae × durée 8 jours ou 192 heures = 1152 mg/heure = 8 millicuries détruits. Quelles que fussent la durée d'irradiation et les quantités reçues, l'éclosion des Imagos a eu lieu dans les mêmes conditions que l'éclosion des Insectes témoins, sans retard ni accélération appréciable de la durée de la métamorphose.

(¹) Séance du 13 août 1928.

Deuxième série d'expériences. — Larves de *Calliphora* ayant cessé de se nourrir. Appareil radifère : 2 tubes de 10^{mg} de Rae filtrés à 2^{mm} de platine. Distance : 3^{cm} environ. Durée maxima d'irradiation : 6 jours. *Quantités reçues* pendant 6 jours : dose 20^{mg} Rae × durée 6 jours ou 144 heures = 2880 mg/heure = 21 M. C. D. environ. Résultat : Éclosion d'Imagos normaux dans un délai de temps normal.

Troisième série d'expériences. — Larves de *Calliphora* ayant cessé de se nourrir. Appareil radifère : 3 tubes de 10^{mg} filtrés à 1^{mm} de platine. Distance : 1^{cm} environ. Durée maxima d'irradiation : 16 jours. *Quantités reçues* pendant 16 jours : dose 30^{mg} Rae × durée 16 jours ou 384 heures = 11520 mg/heure = 86 M. C. D. environ.

Nous avons pu poursuivre jusqu'à l'Imago des *Calliphora* qui sont restés exposés aux radiations pendant 9, 10, 11, 16 jours. Les mouches ne sont cependant pas arrivées à se dégager complètement de leur enveloppe nymphale. En général, dans cette série, relativement peu d'Insectes ont atteint leur état définitif. Nous avons cru d'abord que ce fait était dû à l'action des rayons gamma sur les larves et les pupes. Mais nous avons pu constater que chez les *Calliphora* témoins la mortalité 80 pour 100 a atteint les mêmes proportions.

b. Expériences faites sur « Hyponomeuta » :

Quatrième série d'expériences. — Chenilles de *Hyponomeuta* prêtes à se nymphoser. Appareil radifère : 8 tubes de 2^{mg} Rae, filtrés à 2^{mm} de platine. Distance : 3^{cm} environ. Durée de radiation : 2, 4, 12, 24 et 48 heures. *Quantités reçues* pendant 48 heures : dose 16^{mg} Rae × durée 48 heures = 768 mg/heure = 5 M. C. D. environ. Résultat : éclosion normale des papillons.

Dans la même série, nous avons soumis à l'action des rayons des nymphes de 6 à 7 jours. Les papillons éclos ont été maintenus exposés aux radiations pendant 6 jours et ont été mis en liberté à ce moment.

Cinquième série d'expériences. — Chenilles de *Hyponomeuta* ayant cessé de se nourrir. Appareil radifère : 4 tubes de 10^{mg} Rae, filtrés à 1^{mm} de platine. Distance : 1^{cm} environ. Les chenilles irradiées ont filé leur cocon et ont parcouru tout leur cycle évolutif jusqu'à l'imago. *Quantités reçues :* dose 40^{mg} × durée 15 jours ou 360 heures = 14400 mg/heure = 108 M. C. D. (1).

Les coupes de chrysalides irradiées prêtes à éclore ont montré que tous les organes sont normaux et que même les organes génitaux, qui, comme on le sait, sont particulièrement radiosensibles chez les Mammifères (Regaud), n'ont subi ici aucune modification.

Un certain nombre de chenilles étant parasitées par des Hyménoptères, nous avons observé qu'après qu'une de ces chenilles a reçu 59 M. C. D., son parasite a pu se libérer sous forme de nymphe, poursuivre sa métamorphose et atteindre l'état imaginal en continuant toujours à être exposé aux rayons du radium.

Nous nous sommes demandé si la cause de cette résistance des Insectes au radium ne serait pas due au fait que les rayons ne traverseraient pas les cocons et la chitine.

(1) Notons, à titre de comparaison, que la quantité de 60 M. C. D. est généralement utilisée pour le traitement du cancer du col de l'utérus chez la femme.

Pour nous en rendre compte, nous avons exposé une plaque photographique à l'action des radiations en interposant entre la plaque et les tubes de radium la soie des cocons et la chitine des enveloppes nymphales. Le développement de la plaque a montré que celle-ci a été uniformément impressionnée, les rayons ayant traversé le cocon et la chitine.

Il semble donc que nos larves et nos nymphes ont reçu une assez grande quantité des rayons gamma sans qu'il s'ensuive une modification ou une altération appréciable de leurs éléments constitutifs et sans que, en particulier, la prolifération caryocinétique des tissus imaginaux ait été frappée d'inhibition.

Nous nous proposons de compléter ces expériences.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Sur la lutte biologique contre la piroplasmose bovine due à* Theileria dispar. Note de MM. **Edm. Sergent**, **A. Donatien**, **L. Parrot** et **F. Lestoquard**, présentée par M. Roux.

La connaissance des mœurs de la tique *Hyalomma mauritanicum*, qui transmet la piroplasmose bovine à *Theileria dispar* en Afrique du Nord (¹), permet d'établir des règles prophylactiques très simples.

A l'inverse de tous les Ixodidés connus, cette tique a ses gîtes dans les habitations et non pas aux champs : nous avons capturé exactement 1220 jeunes femelles infectées ou mâles dans les crevasses et les fentes des murs d'une ferme d'élevage en juin-juillet 1928, et une chasse attentive d'une durée au moins égale a fait capturer un seul *H. mauritanicum* mâle dans les prairies où pacage le troupeau. Cette chasse dans la prairie a fait recueillir 503 tiques femelles ou mâles d'autres espèces. Cette observation suggère une première règle : supprimer toutes les crevasses et les fentes des murs des cours et des étables, sur toute la hauteur (nous avons trouvé des gîtes à *H. mauritanicum* à plus de 2^m de hauteur). Surveiller le bon état des enduits et des joints.

D'autre part, *H. mauritanicum* s'attaque aussi aux équidés, qui sont réfractaires à la theilériose bovine : nous avons compté, sur 267 tiques fixées sur des chevaux, 18 *H. mauritanicum* adultes. Il en résulte que, si l'on fait stabuler des équidés dans les cours et écuries où ont vécu l'année

(¹) *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 259.

précédente des bovidés, les tiques se fixeront sur les équidés et pourront se « purifier » de leur virus. Il faut donc, dans une ferme infectée, loger à tour de rôle dans le même local, pendant un an, les bœufs et les chevaux.

En résumé, deux faits épizootiologiques : la theilériose bovine est une maladie de maison; la tique qui la transmet pique aussi le cheval, mais sans le contaminer. Deux conclusions prophylactiques : supprimer les gîtes par l'entretien des maçonneries; purifier les tiques de leur virus par l'alternance de la stabulation des chevaux et des bœufs.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Propriétés spirochéticides du vanadium-élément. Astérogenèse autour de particules de* Va. Note (1) de MM. **C. Levaditi**, **P. Lépine** et Mlle **R. Schœn**, présentée par M. Roux.

I. Nous avons recherché si le vanadium, dont les propriétés thérapeutiques dans la syphilis ont été mises en lumière par Prœscher, Seil et Stilians (2), et par Fournier, Levaditi et Schwartz (3), peut exercer une action curative efficace lorsqu'il est utilisé non seulement à l'état de dérivé inorganique ou organique, mais encore sous forme d'élément. Nous nous sommes servis de Va finement divisé par M. le professeur Urbain, grâce à un procédé spécial. Les grains, dont les dimensions varient de 10 μ à plusieurs dizaines de μ, ont été mis en suspension dans l'huile d'olives (10 pour 100), ou dans une solution isotonique de glycose (30 pour 100). Des lapins, porteurs de lésions préputiales, à *Spirochæta cuniculi*, ou de syphilomes à *Treponema pallidum*, ont reçu $0^{g},1$ Va par kilogramme et par voie intramusculaire. Voici deux de nos expériences :

Lapin 479 B. — Spirochétose spontanée. $0^{g},1$ Va en suspension huileuse. Disparition des spirochètes le septième jour. Guérison définitive sans récidive.

Lapin 583 B. — Syphilome scrotal. Même traitement. Disparition des tréponèmes le 2e jour. Le chancre diminue progressivement de volume. Son diamètre, qui était de 15^{mm} avant l'administration du Va, devient de 8^{mm}, le 8e jour. La croûte se détache le 10e jour.

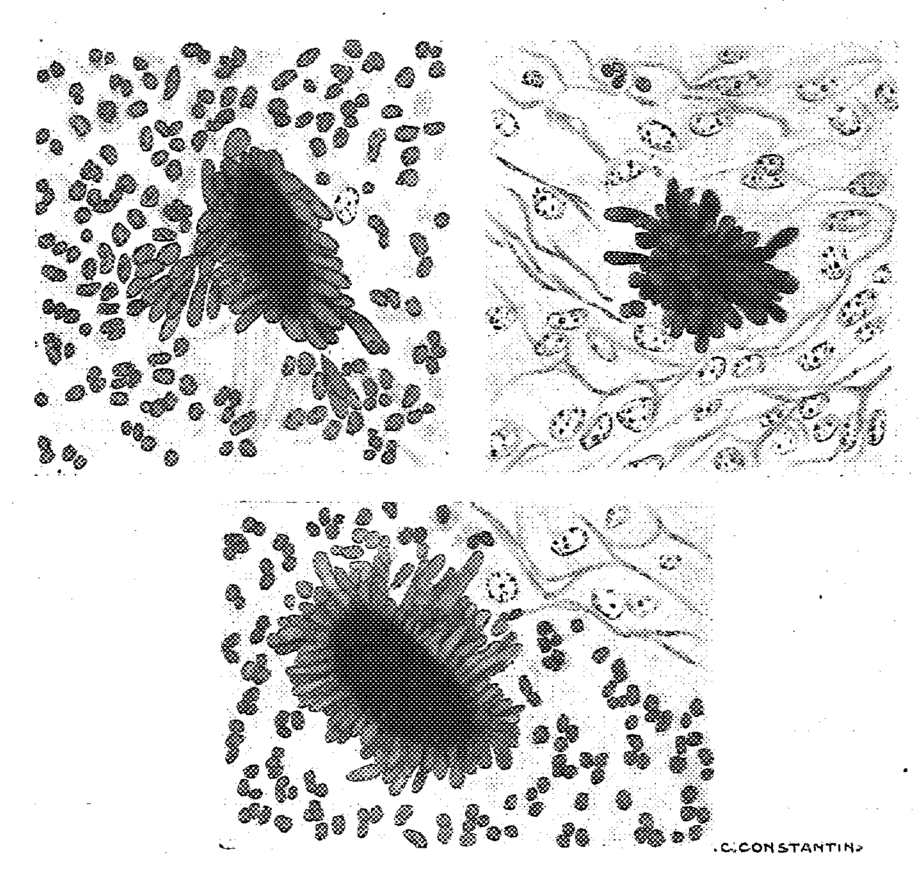
Ces expériences prouvent que le Va-élément, finement divisé et mis en

(1) Séance du 13 août 1928.

(2) Prœscher, Seil et Stilians, *Amer. Journ. of Syphilis*, 2, 1917, p. 347.

(3) Fournier, Levaditi et Schwartz, *C. R. Soc. Biol.*, 87, 1922, p. 335.

suspension dans l'huile d'olives, exerce un pouvoir curatif manifeste dans la spirochétose spontanée et la syphilis expérimentale. D'autres essais nous ont montré que le milieu servant de véhicule au Va joue un rôle important, quant à l'efficacité thérapeutique. En effet, mis en suspension dans une solution glycosée, le Va s'est montré d'une activité très faible, voire même



Asterogenèse (formation de massues) autour des particules de vanadium, au niveau du muscle.

nulle. Il en résulte que l'élaboration locale des principes spirochéticides (complexes protéo-métalliques) dépend non seulement de la constitution chimique, ou de l'état physique de l'élément utilisé, mais encore du milieu lui servant de support. L'excipient huileux maintient le Va dans un état de division compatible avec l'élaboration locale des principes spirillicides, alors que le milieu glycosé, facilitant l'accollement des particules vanadiques, empêche cette élaboration.

II. L'examen histologique du muscle, siège de l'injection, montre la formation de pseudo-tubercules microscopiques, au centre desquels on décèle des grains de vanadium. Ces grains sont entourés de polynucléaires, de cellules épithélioïdes et de cellules géantes. En outre, nous avons constaté autour des particules vanadiques, la formation d'asters constitués par des massues, identiques à celles de l'*Actinomyces*, du bacille tuberculeux (Babès et Levaditi), du bacille paratuberculeux (Lubarsch, Limousin), etc. Ces massues rappellent celles que l'un de nous [Levaditi (1)] a observées autour des particules de Te-élément injectées dans le muscle du lapin.

Conclusions. — 1° *Le* vanadium *doit être compris parmi les corps thérapeutiquemeut actifs dans les spirochétoses, capables d'agir non seulement à l'état de dérivés inorganiques ou organiques, mais encore à l'état d'élément* [Hg, Te (Levaditi, Nicolau et Manin), Bi (Sazerac et Levaditi), As (Poincloux, Sazerac et Vaurs)], et séparé d'autres métaux, tels qne l'Au, lesquels sont inagissants au même état d'élément;

2° *Le milieu servant d'excipient au métal joue un rôle important quant à l'élaboration locale des principes spirochéticides actifs* (complexes protéo-métalliques);

3° *Les massues caractéristiques des microorganismes à formes actinomycosiques peuvent apparaître en dehors de l'activité vitale des éléments astérogènes.* Des corps inertes, tels que le Te ou le Va, peuvent, dans certaines conditions, occasionner la formation de massues analogues.

La séance est levée à 15h30m.

A. Lx.

---

(1) Levaditi et Mme Nicolau, *C. R. Soc. Biol.*, 95, 1926, p 531.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 27 AOUT 1928

PRÉSIDENCE DE M. PAUL VILLARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **J. A. Smorodinzew**, professeur à l'Université de Moscou, qui assiste à la séance.

ASTRONOMIE. — *Les coordonnées de l'Observatoire de la rue Sainte-Avoye.* Note (¹) de M. **G. Bigourdan**.

Delambre dit plusieurs fois que son observatoire est 5 secondes à l'orient de l'Observatoire royal et sur le parallèle du Clocher de la Merci.

J. Lalande, dans un manuscrit qui est à l'Observatoire (*Archives* C, 2, 2), donne $\Delta \mathfrak{L} = 4',6\,E$; $\Delta\varphi = +1'.26''$.

Pour le clocher de la Merci, la liste T_2 des *Clochers de Paris* donne $\Delta\varphi = 1376^T,3$ ou $1'.26'',83$.

Les coordonnées conclues, rapportées au méridien de Paris et à la face Sud de l'Observatoire ($\varphi = 48°50'.11'',00$), sont donc

$$\Delta \mathfrak{L} = 0^m.4^s,6\,E; \qquad \varphi = +48°51'.37'',85.$$

Notes diverses.

Parmi les notes accidentelles de tout genre que l'on trouve dans le registre I de Delambre, donnons les suivantes dont certaines peuvent servir à réduire les observations :

(¹) Séance du 13 août 1928.

Page 2. — Deux tables des parties du micromètre filaire, avec renvois aux déterminations de la valeur du tour de vis.

Pages 3-4. — Notes, déjà indiquées, sur les instruments employés.

Page 30, ♂ 23 janvier 1787. — A 6^h j'allai chez M. Méchain; nous observâmes ensemble l'immersion de la 19e ♓ à $6^h.23'.0''$ de sa pendule. L'étoile parut un peu mordre sur le disque obscur de la Lune. M. Méchain m'a communiqué depuis l'émersion qu'il a vue à $7^h.21'.45''$; il assure qu'il n'y a pas 2″ d'incertitude. Sa pendule retarde de 0″,1 par jour environ sur le mouvement moyen; il faut ajouter 32″,3 au temps de la pendule pour le réduire en temps moyen.

Page 30. — Quelques jours après le S. Lenoir m'a fourni le micromètre que je lui avois demandé depuis le départ de Meignié pour l'Espagne. Ce micromètre a été fait d'après un de Dollond; il consiste en deux fils fixes placés à angles droits et un fil mobile; la platine qui porte les fils glisse dans une coulisse afin que le fil fixe puisse se mettre au bord du champ de la lunette. Le cadran est divisé en 40 parties dont chacune vaut environ 2″,65 en sorte qu'on peut aisément observer à un quart de seconde près.

Ce micromètre s'adapte à ma lunette achromatique [n° 10 de la page 404] que j'ai fait ajuster sur une machine parallactique [n° 8]. Fixé à la lunette il peut s'incliner de quelques degrés au moyen d'une vis.

Le cadran est percé au-dessous du point *zéro* pour laisser voir un autre cadran intérieur qui marque les tours de vis; chaque tour est indiqué par un petit bruit que l'on entend quand l'aiguille passe sur le point 10 du cadran....

Page 34, 1787 février 12, 15, 16. — Vérification de la rectangularité des fils de ce même micromètre.

Page 46. — Remarques sur les changements de mise au foyer, de mise au point, selon qu'on observe le Soleil, les étoiles, Jupiter, ses satellites.

Page 47_2, 1787 avril 2. — Remarques sur la détermination du *champ* d'une lunette et sur la règle donnée à cet effet par l'*Encyclopédie méthodique*.

Page 49, 1787 avril 11. — Hier soir, M. Méchain a découvert une comète. Suivant son observation.... Point visible à la vue simple; noyau assez lumineux dans la lunette achromatique; nébulosité très peu étendue, très légère apparence de queue.

Page 49, 1787 avril 26. — Aujourd'hui j'ai trouvé chez Le Noir le P. Piazzi, théatin de Palerme, professeur d'astronomie, qui vient passer quelques mois à Paris pour apprendre à observer et pour faire emplette d'instruments.

Page 50, 1787 avril 28. — J'ai fait faire par M. Lenoir un réticule rhomboïde que je puis à volonté substituer à mon micromètre dans le même tuyau avec les mêmes oculaires.

Immédiatement il détermine les constantes de ce micromètre rhomboïde et il commence ses observations de zones.

Dans le même Tome I on trouve aussi des observations faites à Bruyères-le-Châtel près d'Arpajon, où Delambre se rendait annuellement pendant la belle saison dans la maison de Mme Lelong, où il avait installé un petit observatoire, et où il emportait pendule, quart de cercle, etc. Voici les dates de ces déplacements :

1786 mai 31-juin 28 (p. 13-14). 1787 septembre 27-novembre 11 (p. 99-101).
1787 mai 24-juin 11 (p. 63-65). 1788 mai 16-juin 7 (p. 147-153).

ZOOLOGIE. — *Sur divers Céphalopodes Octopodes des croisières du* Dana *dans l'Atlantique*. Note de M. **L. Joubin**.

M. le professeur J. Schmidt, de Copenhague, m'a confié l'étude de la collection de Céphalopodes de grande profondeur qu'il a récoltée au cours de ses croisières de 1921-1922 dans l'Atlantique. Cette collection comprend plusieurs milliers d'échantillons; aussi le triage et le classement préliminaires ont-ils été très longs et difficiles.

La présente Note concerne une famille de Céphalopodes Octopodes, présentant des particularités aussi singulières qu'intéressantes qui nécessitent une nouvelle classification du groupe des Octopodes dits inférieurs.

Les animaux de cette famille ne sont connus actuellement que par trois petits exemplaires en mauvais état trouvés par Chun pendant la croisière du *Valdivia* et par deux autres, provenant des croisières du Prince de Monaco; ces derniers étaient aussi en mauvais état, ce qui explique l'extrême mollesse de leur tissus. J'y ai trouvé pour la première fois chez les Octopodes des organes lumineux et un appareil particulier dont il va être question plus loin.

Dans la collection du professeur J. Schmidt j'ai recueilli dix-sept autres échantillons appartenant à plusieurs genres et espèces de cette famille, dont la plupart sont nouveaux.

Tous ces animaux planctoniques ont été capturés entre 2000 et 5000m. Ils sont entièrement noirs. Quand on examine leur face dorsale on aperçoit sur le bord externe de la base des bras dorsaux, dans l'intervalle qui sépare les bras 1 et 2, un petit tentacule contourné en spirale irrégulière et terminé par un prolongement grêle, en fouet. La base élargie de cet organe est insérée au fond d'une poche ovale sous-cutanée; sa partie libre peut se contracter dans cette poche, s'y enrouler, puis celle-ci se ferme comme une bourse en serrant son orifice; elle est alors si bien dissimulée dans la peau

noire qu'on ne peut l'y découvrir. C'est probablement ce qui explique que Chun [1], dans son travail de 1915, ne fait aucune mention de cet organe.

En 1912 j'avais décrit ce tentacule que j'avais découvert sur un échantillon des croisières du Prince de Monaco [2]; mais la paroi de la poche s'étant rompue pendant la pêche du côté de l'intérieur de l'ombrelle brachiale, l'organe faisait saillie par cet orifice accidentel. L'autre tentacule, caché dans la poche, ne laissait pas constater que cet organe est pair. Les échantillons du professeur J. Schmidt m'ont permis de compléter et de rectifier mon premier Mémoire et je puis affirmer que ces tentacules forment une paire symétrique et sont insérés chacun dans une poche à ouverture dorsale. Aucun autre Céphalopode Octopode ne présente une telle organisation.

L'axe de ces organes est occupé par un gros nerf, comme dans les bras de tous les Céphalopodes; j'ai constaté que ce nerf émerge du sommet des ganglions pédieux, entre les nerfs des deux bras dorsaux, de chaque côté du cerveau. Ceci montre que cet organe n'est pas un simple prolongement cutané sensitif, mais qu'il a la valeur morphologique d'un bras pédieux. Il ressemble au tentacule rétractile d'une Sèche! Mais, entre le tentacule des Décapodes et celui de ces Octopodes, il y a une importante différence : chez les Décapodes il est intercalé entre les bras ventraux 3 et 4, chez les Octopodes c'est entre les bras dorsaux 1 et 2. Ces organes fort petits, dorsaux, en dehors de l'ombrelle brachiale, très loin de la bouche, dépourvus de ventouses, ne peuvent servir à la capture des aliments. Leur rôle est donc inconnu.

La présence d'une cinquième paire d'appendices pédieux chez les Céphalopodes nettement Octopodes par tous leurs caractères montre que la division fondamentale entre Octopodes et Décapodes n'est pas absolue et que ce groupe fait la transition.

J'ai trouvé chez tous ces animaux des organes photogènes, simples ou composés, ces derniers formés d'un grand nombre d'organes simples juxtaposés. Ils occupent diverses places, et un même animal peut avoir plusieurs sortes d'organes lumineux.

---

(1) C. Chun, *Wissens. Ergeb. der deutschen Tiefsee Exped. auf d. Dampfer Valdivia* (*Cephalopoden*, 2, 1915, p. 534).

(2) L. Joubin, *Études préliminaires sur les Céphalopodes recueillis au cours des croisières de S. A. S. le Prince de Monaco*, 1re note : *Melanoteuthis lucens* (*Bull. Institut Océanographique*, n° 220, 1912).

Ces Céphalopodes, comme tous les Cirroteuthides, ont une paire de grandes nageoires dorsales. Chez un de ces animaux, d'un genre nouveau, auquel j'ai donné le nom de *Danatenthis*, j'ai trouvé une seconde paire de nageoires dorsales. Chun, dans un livre où il raconte la croisière du *Valdivia* (¹), avait signalé un Céphalopode analogue; mais dans son Mémoire définitif de 1915 il dit qu'il ne faut pas tenir compte de la seconde paire de nageoires qui n'est qu'un lambeau de peau déchirée. J'ai retrouvé chez plusieurs individus cette seconde nageoire parfaitement constituée, en une paire symétrique, portant à sa base un gros organe lumineux. Ces Céphalopodes sont actuellement les seuls ainsi conformés.

Par l'ensemble de leurs caractères, tous ces Céphalopodes noirs appartiennent aux Cirroteuthides qui font partie de la division des *Lioglossa* (Lutken) dépourvus de radula. Or ils en ont une bien conformée, ce qui conduit, comme l'a fait Chun, à les placer dans la division opposée, les *Trachyglossa* (Lutken) pourvus d'une radula. Ceci me paraît inadmissible et me conduit à considérer la présence ou l'absence de la radula comme un fait d'importance secondaire insuffisant pour baser une telle dissociation des Octopodes.

M. **J. A. L. Waddell** fait hommage à l'Académie d'une brochure qu'il vient de publier sous le titre de *Suitability of the various types of bridges for the different conditions encountered at crossings*.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

A Luigi Bianchi, *nel trigesimo della sua morte*, *la* Scuola normale superiore.

(¹) C. Chun, *Aus den Tiefen des Weltmeeres*, 1903, p. 88.

PHYSIQUE GÉNÉRALE. — *Sur l'équation de probabilité de la Mécanique ondulatoire.* Note de M. **L. Goldstein**, transmise par M. M. de Broglie.

On sait que l'équation qui sert à caractériser l'évolution d'un atome ([1]), analogue à l'atome de H par exemple, est (de type Schrödinger)

$$\text{(1)} \qquad H\Psi = ih\frac{\partial\Psi}{\partial t};$$

H désigne l'opérateur d'énergie (qui ne contient pas le temps explicitement); $\Psi(x, t)$ est la fonction qui caractérise l'atome à l'instant t, son état de configuration étant défini par les coordonnées $x(x_1, x_2, x_3)$; h est le rapport de la constante de Planck à 2π.

L'équation stationnaire correspondant à (1) est

$$\text{(2)} \qquad H\psi_k(x) = W_k\psi_k(x);$$

les W_k sont les valeurs caractéristiques de l'opérateur H et les $\psi_k(x)$ sont les fonctions caractéristiques de (2). Une solution particulière de (1) s'obtient en multipliant une solution particulière de (2) par un facteur de phase (temps).

Le système des fonctions caractéristiques est un système orthogonal normalisé à l'unité. Si alors D est le domaine où (1) et (2) sont valables, ces conditions s'écrivent

$$\text{(3)} \qquad \int_D \psi_k(x)\psi_l(x)\,dx = \delta_{kl}.$$

Les propriétés précédentes du système des fonctions caractéristiques ψ_k suggèrent immédiatement d'adjoindre à (2) une équation intégrale qui pourrait être de la forme

$$\text{(4)} \qquad \varphi(n) + W\int_D N(en)\varphi(n)\,dn = f(n),$$

où W désigne le système des valeurs caractéristiques du noyau symétrique $N(ne)$, n et e pourraient représenter des fonctions de position du noyau (de l'atome) et de l'électron.

([1]) P.-A.-M. Dirac, *Proceedings of the Royal Society*, 113, 1926, p. 621.

D'autre part, l'intégrale (3) conduit à considérer les ψ_k comme des amplitudes de probabilités, leur carré absolu représentant la probabilité pour qu'à l'instant considéré l'atome se trouve compris entre les états de configuration ψ_k et $\psi_k + d\psi_k$. Si ces états sont espacés (spectre de valeur discontinu des x) l'intégrale (3) doit être remplacée par une sommation.

Soit alors $\Psi(x)$ la solution générale de (2); on peut la développer suivant les ψ_k et écrire

$$\Psi(x) = \sum_i a_i \psi_i(x), \tag{5}$$

les a_i formant un système de paramètre arbitraire. L'équation (1) représenterait d'après les précédents l'évolution de la probabilité de tous les états de configuration de l'atome. Comme Fock [1] vient de le montrer, nous aurons encore pour l'intégrale générale de (1)

$$\Psi(x, t) = \sum_i a_i \psi_i(x, t), \tag{5'}$$

les $\psi_i(x, t)$ formant à un instant ultérieur quelconque un système de fonctions orthogonal et normalisé si les valeurs initiales $\psi_i(x, 0)$ l'étaient également. Les $\psi_i(x, t)$ sont donc les amplitudes de probabilités de $i^{\text{ième}}$ état de configuration au temps t.

Dans le cas général d'un atome de numéro atomique Z (avec Z électrons), l'équation de probabilité s'écrit explicitement sous la forme suivante :

$$\sum_{1}^{Z}{}_k \left(\Delta_k^2 + W + \frac{2Z}{r_k} - \sum_{1}^{Z}{}'_e \frac{2}{\rho_{ek}} \right) \Psi = 0; \tag{6}$$

Δ^2 étant l'opérateur de Laplace, r_k représente la distance du k^e électron au noyau et ρ_{ek} la distance des e^e et k^e électrons; l'apostrophe à la sommation signifie que le terme $e = k$ manque et les unités sont les grandeurs caractéristiques de l'orbite fondamentale de H.

On est alors conduit à représenter l'intégrale générale de (6) par une expression de la forme

$$\Psi(x) = \sum_i A_i \Psi_i(x), \tag{7}$$

les A_i étant un système de coefficients et les $\Psi_i(x)$ forment encore un système de fonctions satisfaisant aux conditions (3), c'est-à-dire les $\Psi_i(x)$

---

[1] W. FOCK, *Zeitschrift für Physik*, 49, 1928, p. 323.

sont les amplitudes de probabilité du $i^{\text{ième}}$ état de l'atome en question. La forme suivante de $\Psi_i(x)$ se suggère :

$$\Psi_i(x) = \prod_{k=1}^{Z} u_i^k(x), \tag{8}$$

où les fonctions $u_i^k(x)$ satisfont au système déduit de (6)

$$\left(\Delta_e^2 + W_e + \frac{2Z}{r_e} - \sum_1^Z{}' \frac{2}{\rho_{em}}\right) u^{(e)}(x) = 0 \qquad (e = 1, 2, \ldots, z) \tag{9}$$

et par conséquent on a, d'après (5),

$$u_i^k(x) = \sum_j a_{ij}^k \psi_j^k(x), \tag{5''}$$

les ψ_j^k étant les fonctions caractéristiques de la $k^{\text{ième}}$ équation du système (9), les a_{ij}^k étant un système de coefficients adjoints à cette équation.

En remplaçant (5″) en (8) on trouve l'amplitude de probabilité du système formé par $(Z+1)$ centres pour l'$i^{\text{ième}}$ état

$$\Psi_i(x) = \prod_{k=1}^{Z} \sum_j a_{ij}^k \psi_j^k(x). \tag{8'}$$

La dégénérescence ne change pas l'expression précédente, car les fonctions caractéristiques, dans ce cas, s'expriment simplement à l'aide des fonctions caractéristiques multiples correspondant à la valeur caractéristique commune.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les propriétés physiques des mélanges ternaires hétérogènes*. Note (¹) de M. **Paul Mondain-Monval**, transmise par M. Henry Le Chatelier.

Dans une suite de Notes sur le système ternaire hétérogène alcool éthylique-alcool isoamylique-eau, M. P. Brun (²), étudiant les diverses pro-

(¹) Séance du 30 juillet 1928.

(²) P. Brun, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1219; 186, 1928, p. 77 et 1729.

priétés physiques de ces mélanges, a signalé dans la zone homogène une importante perturbation de ces propriétés au voisinage du point critique. En particulier, ses courbes d'égales chaleurs spécifiques, d'effets équithermiques, d'égales contractions et d'égal pouvoir inducteur spécifique, éprouvent au voisinage de ce point une sorte de distorsion très notable et dont l'effet se fait encore sentir assez loin du point critique. Ces anomalies m'ayant paru tout au moins exceptionnelles, j'ai voulu les retrouver par l'expérience. Les résultats que j'ai obtenus ne s'accordent aucunement avec ceux de M. Brun.

Laissant de côté les chaleurs de mélange qui ont l'inconvénient d'exiger deux séries de mesures : celle des chaleurs spécifiques et celle des variations de température produites par le mélange, toutes quantités d'obtention délicate et laborieuse et de précision moyenne, je me suis adressé à la méthode des indices de réfraction, beaucoup plus précise et plus expéditive lorsqu'on dispose, comme c'était le cas, d'un réfractomètre Féry à lecture directe, donnant quatre décimales.

J'ai effectué expérimentalement la coupe de la nappe des variations de l'indice de réfraction en fonction de la concentration, à la température de 20°, par un plan perpendiculaire au plan du triangle et passant par les points A et B des côtés de ce triangle, dont les coordonnées sont données ci-dessous. Ce plan n'est pas absolument tangent à l'isotherme de trouble de 20°. Il est tangent à l'isotherme de 17°. En opérant à 20°, avec le plan tangent à l'isotherme de 20°, il y a de notables difficultés pratiques à surmonter, un léger abaissement de température fortuit provoquant la séparation de certains mélanges en deux couches. Le plan choisi d'ailleurs, tout en évitant un semblable inconvénient est très voisin de l'isotherme à 20° et coupe de toute façon les distorsions et anomalies signalées par M. Brun.

Les produits dont j'ai fait usage avaient les caractéristiques suivantes :

Alcool éthylique : Ind. de réfr. à 20°, $n_D = 1,3616$; $d_{\frac{20°}{4}} = 0,7895$.

Alcool iso-amylique : Ind. de réfr. à 20°, $n_D = 1,4070$, $d_{\frac{20°}{4}} = 0,8102$ (rectifié à deux reprises, P. E. 129°,5-130° sous 749^{mm}).

Eau distillée : Ind. de réfr. à 20°, $n_D = 1,3330$.

J'ai préparé tout d'abord les mélanges A et B qui ont les compositions et les indices suivants :

A. { Alcool éthylique ...... 36,2 %
  { Alcool iso-amylique ... 63,8 %
  $n_D = 1,3897$ à 20°

B. { Alcool éthylique ... 22,2 %
  { Eau .... 77,8 %
  $n_D = 1,3483$ à 20°

Ensuite avec A et B neuf mélanges dont voici les indices à 20° et les concentrations

exprimées en A pour 100 :

1.	92,5 %	2.	86,1 %	3.	80,4 %	4.	73,3 %		
	1,3887		1,3871		1,3852		1,3829		
5.	57,95 %	6.	45,25 %	7.	38,35 %	8.	29,45 %	9.	17,35 %
	1,3770		1,3717		1,3686		1,3643		1,3584

Le mélange 6 se trouble à 11°,5, le 7 à 15° et le 8 à 17°.

En traduisant graphiquement ces résultats en portant en abscisses les concentrations en A pour 100 et en ordonnées les indices de réfraction, on obtient une courbe sensiblement arquée et ne présentant ni discontinuité ni distorsion au voisinage du point critique qui se trouve très près du point n° 8 (1). La coupe de la nappe des indices de réfraction, au voisinage du point critique, ne révèle donc en aucune façon les perturbations signalées par M. Brun.

Cette conclusion ne s'applique pas qu'aux seuls indices et au seul système ternaire en question. Pour ce système, d'ailleurs, Fontein (2) avait déjà tracé les isothermes de trouble à 15°,5 et à 28°. Il a déterminé les densités d'un certain nombre de points situés sur les courbes de trouble. Ces densités s'échelonnent très régulièrement tout le long de ces courbes sans signaler par aucune anomalie le passage par le point critique. Plus frappantes encore à cet égard sont les déterminations d'indices et de densité exécutées à 25° par M. J. Barbaudy (3) sur les systèmes alcool éthylique-benzène-eau et alcool méthylique-benzène-eau, pour lesquels les courbes d'équidensités et d'équiindices s'étagent sur les diagrammes d'une façon parfaitement régulière, même au voisinage du point critique. Il en est de même du diagramme des densités du système alcool éthylique-eau-éther exécuté par MM. Sanfourche et Boutin (4). En effectuant une coupe des diagrammes de ces divers auteurs par un plan perpendiculaire au plan du triangle et tangent au point critique, on obtient des courbes parfaitement régulières et ne présentant aucune distorsion au voisinage de ce point. Les méthodes, particulièrement sensibles de l'indice de réfraction et de la masse spécifique nous donnant dans ces différents cas des résultats semblablement négatifs, nous sommes autorisés à conclure qu'il en est de même pour d'autres propriétés

(1) Le léger changement d'allure de la courbe au voisinage de A tient au changement de signe de la variation de volume accompagnant les mélanges.

(2) Fontein, *Zeits. physik. Chem.*, **73**, 1910, p. 212.

(3) J. Barbaudy, *Thèses*, Paris, 1925, et *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1279.

(4) Sanfourche et Boutin, *Bull. Soc. chim.*, **21**, 1922, p. 546.

physiques à déterminations plus délicates et moins sensibles comme les effets thermiques et le pouvoir inducteur spécifique et que le voisinage du point critique n'influe pas sur les propriétés physiques des mélanges homogènes.

SISMOLOGIE. — *Sur la variation diurne de l'agitation microséismique.* Note (¹) de M. **J. Lacoste**, présentée par M. Bigourdan.

On sait que la variation annuelle de l'agitation microséismique, d'origine naturelle ou météorologique, est fortement accusée à Strasbourg et dans beaucoup de stations. De janvier à juillet, l'amplitude du mouvement varie dans le rapport 5 à 1.

Il est naturel de se demander s'il existe aussi, si petite qu'elle soit, une *variation diurne*.

Dans ce but, au cours de cinq mois, c'est-à-dire de novembre 1927 à mars 1928, l'amplitude du mouvement a été calculée, heure par heure, en choisissant les ondes les plus régulières et le plus souvent répétées sur les deux composantes NS et EW des appareils Galitzine.

▬▬▬ Variation observée.
······· Oscillation fondamentale.
- - - - - - Oscillation fondamentale + 2ᵉ harmonique.
——— Oscillation fondamentale + 2ᵉ + 4ᵉ harmoniques.

D'après ce travail, on peut déjà affirmer que l'agitation microséismique éprouve une légère variation diurne dans laquelle la différence des valeurs extrêmes est d'environ 0,4 micron. Cette variation est représentée par une courbe assez compliquée présentant un premier minimum vers 2 ou 3^h, un premier maximum vers 7 ou 8^h, un deuxième minimum vers 16^h, un deuxième maximum moins important vers 19^h.

L'analyse harmonique de cette courbe révèle une superposition d'une onde fondamentale, de son deuxième et de son quatrième harmonique, le troisième ayant peu d'importance.

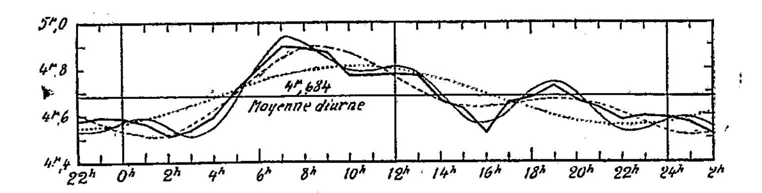
L'équation de la courbe peut s'écrire

$$y = 4,684 + 0,131 \sin(297^\circ + x) + 0,091 \sin(203^\circ + 2x) + 0,073 \sin(38^\circ + 4x).$$

La figure montre l'importance du quatrième harmonique. Or aucun phé-

(¹) Séance du 20 août 1928.

nomène météorologique ne présente une oscillation notable de T = 6 heures. Par contre, la variation principale de la pression a une période de 12 heures. J'ai déjà montré [1] l'analogie qui existe entre les courbes annuelles des



variabilités combinées de la pression, de la vitesse du vent et de la température avec la courbe annuelle du mouvement microséismique.

Si, suivant les idées de mon collègue M. Rempp, on admet l'hypothèse plausible que la variabilité de la pression est fonction croissante de la dérivée, prise en valeur absolue de cette pression, par rapport au temps, on voit immédiatement la possibilité d'expliquer la variation diurne de 6 heures par la variation semi-diurne de la pression et il s'agit de contrôler cette hypothèse en comparant la phase observée et la phase calculée.

Admettons que la variabilité soit proportionnelle au carré de la dérivée d'un élément i

$$\text{C.V}_i = \left(\frac{di}{dt}\right)^2 = \left[\frac{d}{dt}\sin(\text{A} + nx)\right]^2 = \frac{n^2}{2}[\sin(2\text{A} + 90^\circ + 2nx) - 1].$$

Pour la variation semi-diurne de la pression, $A_2 = 148^\circ$ (pour $\varphi = 50^\circ$) ; la variation dérivée de période T = 6 heures aura donc la constante

$$A_4 = 2 \times 148 + 90 = 386^\circ = 26^\circ.$$

Mais pour comparer la courbe à celles des éléments météorologiques il faut tenir compte qu'en séismologie on utilise le T. M. G. et en météorologie le temps local (pour Strasbourg $\Lambda = 7^\circ,75$). Donc $A_4 = 26 + 4\Lambda = 57^\circ$. La différence A_4 calculé (57°) et A_4 observé (38°) correspond à

$$\frac{19}{4 \times 15}\text{ heures} = 19\text{ minutes}$$

de temps. La concordance est donc très acceptable.

---

(1) J. Lacoste, *Sur le mouvement microséismique à Strasbourg* (*Comptes rendus*, 179, 1924, p. 568).

Essayons la même hypothèse pour expliquer le deuxième harmonique par la variation diurne de la température ou de la vitesse du vent qui ont toutes deux un maximum vers 14^h (heure locale). Si, sans faire l'analyse harmonique, on calcule A_1 de façon que le terme $\sin(A_1 + x)$ soit maximum à 14^h, on obtient $A_1 = 240°$. Le A_2 dérivé sera 210° (heure locale) ou 225° (T. M. G). Le A_2 observé est 203°. Là encore la concordance est assez bonne (45 minutes de temps).

L'oscillation fondamentale pourrait être due à l'alternance du régime d'échauffement et de refroidissement de l'air et du sol.

En résumé, l'hypothèse d'après laquelle le mouvement microséismique *normal* suivrait la variabilité de la pression, de la vitesse du vent et de la température dans la variation diurne se vérifie bien, si l'on admet que cette variabilité, difficile à déterminer, suit la marche de la dérivée, prise en valeur absolue, de l'élément par rapport au temps.

Quant au mouvement microséismique fortement *anormal*, qui offre d'ailleurs un vif intérêt dans la prévision du temps à une certaine échéance, j'ai déjà indiqué (¹) le rôle des noyaux de variations de pression rapides au-dessus des fonds marins voisins des côtes françaises.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur la pluie de cendre du 26 avril 1928 à Cernăuţi et dans les environs.* Note (²) de MM. **N. D. Costeanu** et **Al. Cocoşinschi**, présentée par M. C. Matignon.

Le 26 avril 1928 un phénomène très intéressant se fit remarquer dans la région de la ville de Cernăuţi. Le jour s'assombrit soudainement, le ciel s'alourdit et prit une teinte grisâtre plombée. Vers 16^h une pluie lente s'abattit sur la ville et dans les environs.

On remarqua de suite, mêlée à cette pluie, une matière solide de teinte gris noirâtre. Vers le soir la pluie cessa, mais la poudre continua de tomber lentement sur la terre.

Ayant procédé à l'analyse de ces poudres, nous jugeons intéressant d'en fournir les résultats obtenus. Nous avons cueilli des quantités appréciables

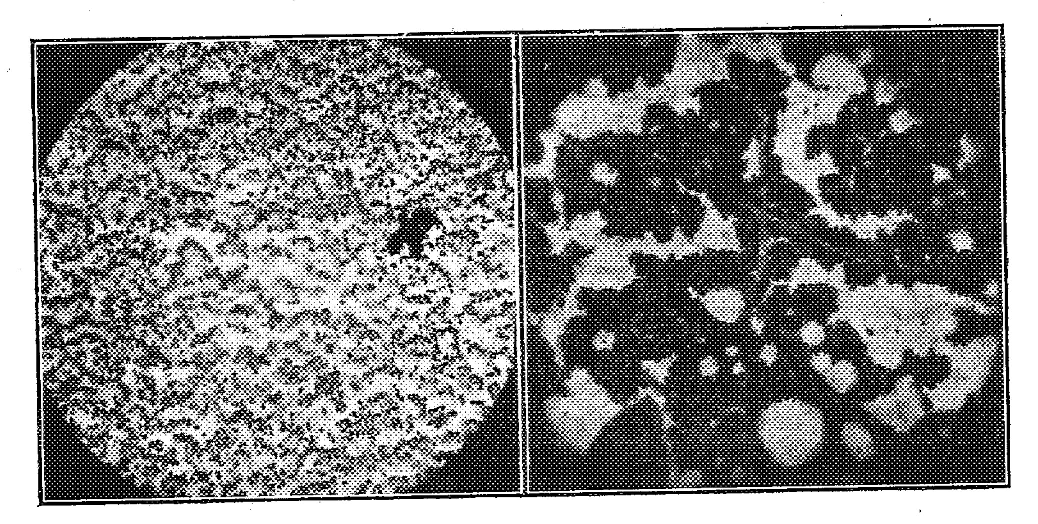
---

(¹) J. Lacoste, *Sept années d'études sur le mouvement microséismique, ses relations avec la météorologie* (*Congrès des Sociétés savantes*, Paris, 1927).

(²) Séance du 17 juillet 1928.

de matière dans des vases en verre ou en porcelaine parfaitement propres.

La poudre séchée à 110° présente une odeur semblable aux substances



Poudres tombées du ciel le 26 avril 1928, vues au microscope.

goudronneuses. L'examen microscopique indique l'existence en majeure partie de grains de silice présentant une teinte allant du jaune jusqu'au noir.

Par calcination la poudre devient d'un rouge brique et perd du gaz carbonique, ainsi que les constituants volatils. Elle se dissout partiellement dans l'acide chlorhydrique à chaud en donnant une solution jaune clair.

L'analyse a fourni les résultats suivants :

	Pour 100.
Perte par calcination	9,12
Silice (SiO^2)	68,32
Oxyde ferrique (Fe^2O^3)	6,56
Oxyde d'aluminium (Al^2O^3)	9,11
Oxydes de calcium et de magnésium (CaO et MgO)	4,32
Oxydes de sodium et potassium (Na^2O et K^2O)	1,78
	99,21

La séance est levée à 15h30m.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

PUBLICATIONS PÉRIODIQUES REÇUES PENDANT L'ANNÉE 1927 (*suite et fin*).

Verhandelingen der Koninklijke Akademie van Wetenschappen. Amsterdam.
Veröffentlichungen der Badischen Landes Sternwarte zu Heidelberg. Königstahl.
Veröffentlichungen der Grobherzoglichen Sternwarte zu Heidelberg. Karlsruhe.
Veröffentlichungen der Königlichen Sternwarte zu Bonn. Bonn.
Veröffentlichungen der Universitäts-Sternwarte zu Bonn. Bonn.
Veröffentlichungen des magnetischen Observatoriums der Finnischen Akademie der wissenschaften zu Sodakylä. Kuopio.
Verslag der voordrachten van Leden van het Bataafsch Genootschap. Rotterdam.
Verstag van de gewone vergaderingen der afdeeling natuurkunde. Amsterdam.
Vers la santé. Paris.
Vulkanologische en seismologische Mededeelingen. Bandoeng.

Weekly Weather Report of the Meteorological Office. London.
Wetenschappelijke Mededeelingen. Bandoeng.
Wisconsin Geological and Natural History Survey (Bulletin). Madison.

Year-book of the Royal Society of London. London.

Zantralanstalt für Meteorologie und Geodynamik. Wien.
Zpravy, Rapports de l'Office de statistique de la République tchécoslovaque. Prague.

ERRATA.

(Séance du 6 août 1928.)

Note de M. *M. Collignon*, Les explosions à grande distance :

Page 358, ligne 20, *au lieu de* T, *lire* Γ.

Page 359, ligne 8, *au lieu de* 1201 comparaisons, *lire* 1102 comparaisons; ligne 9, *au lieu de* 927 comparaisons, *lire* 898 comparaisons.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 3 SEPTEMBRE 1928.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE ROUX.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce à l'Académie que le tome 185 (1927, 2e semestre) des *Comptes rendus* est en distribution au Secrétariat.

CHRONOMÉTRIE. — *Sur l'unification des signaux horaires radiotélégraphiques.* Note (1) de M. **G. Bigourdan.**

La plus ancienne émission connue de signaux horaires radiotélégraphiques eut lieu à Paris en 1904 (2), et fut bientôt suivie d'autres, faites en Allemagne (3). Ces premières émissions furent plus ou moins imitées dans la suite, mais ce n'est qu'en 1910 qu'on établit les premiers services réguliers et journaliers.

D'abord les signaux quotidiens dits aussi *ordinaires* devaient être exacts à une demi-seconde et servir principalement pour la navigation; mais on fut

(1) Séance du 30 juillet 1928.

(2) G. Bigourdan, *Sur la distribution de l'heure à distance, au moyen de la télégraphie électrique sans fil* (*Comptes rendus*, 138, 1904, p. 1657). Ces premiers signaux étaient équidistants, commandés par une horloge sidérale et par suite étaient donc de ceux qui ont reçu depuis le nom de signaux *rythmés*. Antérieurement, et à la suite de la détermination de la longitude Paris-Greenwich (1902) à laquelle je contribuai, j'avais proposé à J. Janssen de procéder à des différences comparatives de longitude Paris-Meudon par T. S. F. et par des mesures géodésiques, mais la dépense prévue de quelques centaines de francs ne permit pas de réaliser ce projet.

(3) Th. Albrecht, *Über die Verwendbarkeit der drahtlosen Telegraphie bei Längenbestimmungen* (*Astr. Nachr.*, 166, n° 3982, col. 337, 5 novembre 1904).

bientôt amené à prévoir des signaux plus exacts pour les longitudes et l'on pensa naturellement aux signaux rythmés, émis d'abord au nombre de 180 en 3 minutes, et observés par coïncidences.

Les émissions furent réglementées par les Conférences internationales de Paris de 1912 et de 1913; bientôt on commanda les signaux ordinaires par des appareils *automatiques*. On employa aussi des signaux *demi-automatiques* (¹), de sorte qu'à Paris seulement on émettait 3 sortes de signaux, de précision variable, s'adressant à diverses catégories d'usagers.

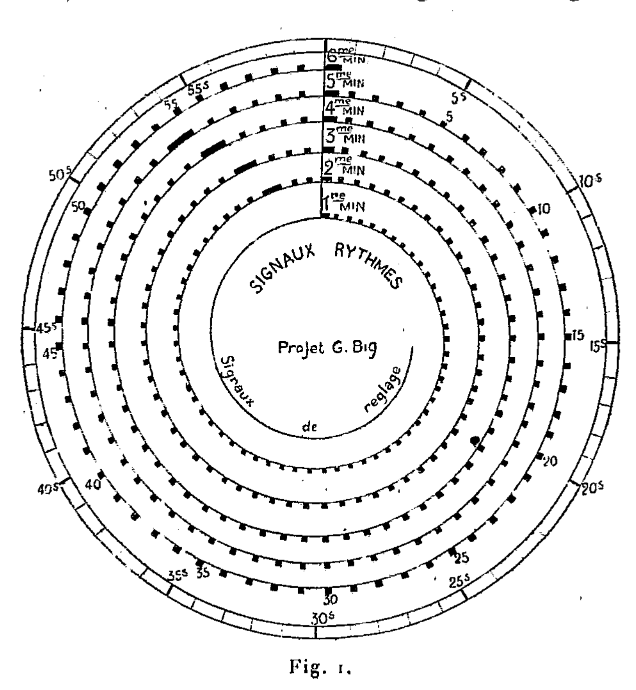


Fig. 1.

Ailleurs on avait aussi des signaux variés; et quoique les signaux demi-automatiques aient été supprimés par l'Union astronomique internationale en 1925, le nombre total de variétés des signaux pour la Terre entière atteint aujourd'hui 40 environ. Il y aurait pour tous, et en particulier pour les besoins de la navigation, avantage évident à n'avoir partout qu'un même type de signaux; cependant on conserva en 1925 les signaux automatiques parce que les diverses minutes y sont mieux marquées que dans les signaux

(¹) On peut voir le schéma de ces premiers signaux dans G. Bigourdan, *Rapport annuel sur les travaux effectués au B. I. H. en* 1922, p. 6, où l'on donne aussi le schéma des signaux dits *américains*.

rythmés actuels. Par suite, si dans les signaux rythmés on pouvait distinguer aussi facilement les diverses minutes que dans les automatiques, il n'y aurait plus lieu de conserver ceux-ci. Or cela serait possible avec un nouveau schéma que je préconise et qui est représenté par la figure 1. La figure 2 représente les signaux rythmés d'aujourd'hui.

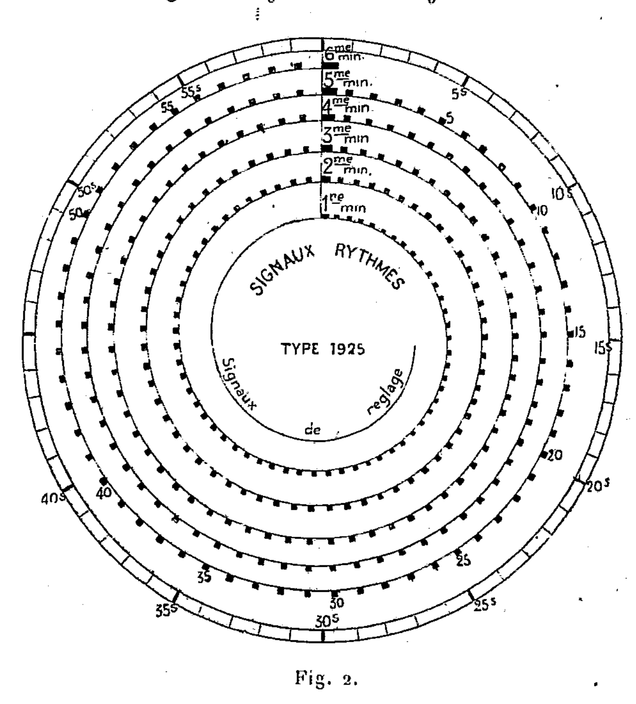


Fig. 2.

Dans les deux figures les signaux sont distribués sur 5 spires concentriques, la première minute étant la plus rapprochée du centre.

Cette première minute est précédée parfois de signaux *préliminaires* qui n'ont pas été réglementés ([1]). Le cercle extérieur représente le cadran divisé en 60 secondes.

La comparaison des figures 1 et 2 montre immédiatement la modification que je propose pour indiquer les diverses minutes :

Première minute : elle est toujours connue par les signaux préliminaires;

Deuxième minute : elle est précédée de deux points indicatifs annoncés par un trait;

([1]) Certains observateurs ont demandé la suppression des signaux préliminaires pour gagner du temps, mais ils sont indispensables quand les mêmes appareils doivent servir successivement pour plusieurs longueurs d'onde très différentes.

Troisième minute : elle est précédée de trois points indicatifs annoncés également par un trait; etc.

La comparaison avec les signaux automatiques montre que les minutes du nouveau schéma seront au moins aussi nettement indiquées que celles du schéma actuel des automatiques ([1]); aussi ce nouveau schéma (*fig.* 1) a retenu l'attention de la Commission internationale de l'Heure, lors de ses réunions récentes à Leyde (juillet 1928). Toutefois je dois mentionner que, sans toucher au principe même, diverses modifications ont été envisagées. Ainsi on a demandé :

1° Que les *traits* annonçant les points indicatifs de la prochaine minute ne puissent pas se confondre avec le trait qui, conventionnellement, commence chaque minute. Il est facile de faire les nouveaux traits de 2^s, de 3^s, par exemple; mais on augmentera les chances de perdre plus de coïncidences.

2° Qu'ils suivent le commencement de la minute au lieu de le précéder.

3° Que les *points* indicatifs de la prochaine minute soient répétés deux fois. Cela est également facile mais est sujet à la même objection que celle ci-dessus (1°).

3° Qu'au lieu de *traits* pour annoncer les points indicatifs de la minute on eût un *silence* plus ou moins long; mais il faut rappeler qu'en 1922 de tels silences furent remplacés par des points à la demande des observateurs très éloignés (voir *Bulletin horaire*, t. I, p. 375.

Ce sera à la Commission de l'Heure à concilier au mieux ces divers desiderata, et à prendre une décision définitive.

Il y aura lieu de considérer aussi la réalisation pratique du schéma préconisé, ce qui exigera un peu de temps; mais dès maintenant je puis dire que l'appareil émetteur correspondant sera moins coûteux que celui des appareils construits aujourd'hui pour les signaux automatiques.

Le nouveau schéma (*fig.* 1) aurait donc un double avantage : il serait plus économique et il permettrait de contribuer à la multiplication des signaux dont on reconnaît généralement les avantages, d'ailleurs évidents.

---

(1) Les premiers signaux automatiques ont été modifiés à diverses reprises; en 1925 notamment on remplaça les trois traits terminaux des minutes par 6 points équidistants, de sorte qu'on se rapprocha un peu du type des signaux rythmés. Ces derniers se répandent de plus en plus à l'exclusion des autres, et les Anglais viennent de les adopter dans leur poste de Rugby (G. B. R.) contrôlés par Greenwich.

On remarquera aussi que, dans le même temps, on a plus de signaux rythmés quel que soit le degré de précision que l'on veuille atteindre.

Quand le système sera entré dans la pratique on pourra réviser la liste des émissions de signaux, car il suffirait sans doute qu'en tout point de la Terre, continental ou océanien, on eût des signaux toutes les heures rondes; et il en résulterait encore une autre économie importante.

MYCOLOGIE. — *Rapports de l'appareil conidien avec le mycélium des* Aspergillus. Note (¹) de M. **Paul Vuillemin**.

Blochwitz (²) trouva des sporophores allongés, ramifiés en corymbe, sur des *Aspergillus flavus* cultivés avec le *Rhizopus nigricans*. L'anomalie ne dépend pas de l'influence de la Mucorinée, car elle se maintint dans des semis exempts de *Rhizopus*. L'auteur se demande si ce sont bien des sporophores ramifiés; il admettrait volontiers une simple ramification du mycélium aérien.

Je puis apporter des observations personnelles à l'appui de cette dernière conception. Pour bien poser le problème, il importe d'en préciser les termes. Chez les Aspergillacées (*Aspergillus*, *Sterigmatocystis*, *Penicillium*), les chapelets basipètes de conidies sont formés chacun par une phialide, cellule de forme spéciale confondue d'abord avec les basides, bien qu'elle n'en ait pas la structure cytologique; c'est une branche ultime différenciée aux dépens du sporophore.

Le sporophore d'*Aspergillus* est d'habitude un tube non cloisonné, non ramifié, renflé au sommet en vésicule couverte de phialides; il joue dans la propagation un rôle accessoire en élevant les phialides au-dessus du mycélium rampant. Comme on va le voir, le sporophore n'est pas toujours séparé de ce dernier par une limite tranchée, en sorte qu'il peut être considéré comme un mycélium aérien, réserve faite pour les phialides, qui s'en séparent pour constituer, avec les conidies, le véritable appareil propagateur.

Dans le genre *Sterigmatocystis*, le sporophore débute de même; mais les phialides ne sont pas insérées sur le premier renflement vésiculeux; elles naissent sur des vésicules secondaires (cystes), issues de la principale et étendant le sporophore.

Ayant cultivé sur carotte à 37° un *Aspergillus flavus* provenant du labo-

(¹) Séance du 27 août 1928.

(²) Blochwitz, *Entstehung von* Aspergillus-*varietäten mit verzweigten Conidienträgern* (*Ber. d. deutsch. Bot. Ges.*, 42, 1925, p. 105).

ratoire de R. Koch, j'observai des formes insolites. Des dessins, datés du 20 avril 1901, représentent un sporophore passant au mycélium en s'incurvant et s'atténuant à la base; un autre était aussi grêle que le tube cloisonné qu'il prolongeait; à 76μ au delà de la dernière cloison, partait un second sporophore perpendiculaire au premier.

J'ai figuré ([1]) des anomalies de l'*Aspergillus repens*, souche 9, cultivé à 38°, entre autres des sporophores prolifères (*fig. e, f*) moins rigides que les sporophores normaux. De la vésicule peu renflée partaient, dans l'un un bouquet de onze petits sporophores, dans l'autre des filaments courts, simples ou ramifiés; un rameau prenait nettement le caractère d'un mycélium cloisonné, rampant et émettant un sporophore normal, perpendiculaire à sa direction, après quoi le filament se terminait par de fins rhizoïdes.

Un *Aspergillus* dont les ascospores sont identiques à celles de l'*Eurotium repens* me fournit, en 1900, des appareils conidiens offrant une dichotomie répétée dont les branches vont en décroissant rapidement; les dernières sont réduites à une boule vésiculeuse couverte de phialides, séparée de la précédente par une cloison comme les cystes de *Sterigmatocystis;* elles représentent les vrais sporophores raccourcis à l'extrême. Toutes les autres branches de bifurcation, parfois cloisonnées, appartiennent au mycélium, tout en prenant progressivement l'aspect de sporophore.

On n'admettra pas sans hésiter la dichotomie du mycélium, inconnue jusqu'ici chez les Eumycètes. Dans un *Aspergillus* qui rappelle l'*A. Oryzæ* par ses conidies fortement verruqueuses, mais qui forme des périthèces non observés dans cette espèce, j'ai reconnu, en 1910, que l'apparente dichotomie, semblable à la précédente, se reliait, par des transitions ininterrompues, à la ramification latérale ou à la formation d'ombelles.

Dans les exemples précités, les sporophores sont simples et indivis, mais souvent associés à un mycélium rampant ou ascendant, ramifié latéralement ou au sommet; la ramification peut passer à la fausse dichotomie. La dichotomie vraie n'existe pas plus dans le mycélium que dans les sporophores.

L'appareil conidien (phialides et conidies), qui propage les *Aspergillus* indépendamment de la reproduction sexuelle, est relié à l'appareil végétatif par le sporophore, portion spécialisée du mycélium annexée aux organes de propagation.

([1]) T. Vuillemin, *Nouvelles souches thermophiles d'*Aspergillus glaucus (*Bull. Soc. mycol. de France*, **36**, 1920, p. 129).

Sir **Robert Hadfield** fait hommage à l'Académie d'un bronze qui rappelle les *origines légendaires de la métallurgie*.

CORRESPONDANCE.

M. **Edmund Beecher Wilson**, élu Associé étranger, adresse des remercîments à l'Académie.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Carte géologique de l'Indochine* à l'échelle du 500000e. *Feuille de Hanoï* d'après les travaux de MM. Jacob, Mansuy, Dussault, Fromaget, Patte et Mlle Colani. Avec la *Notice explicative*.

2° *Cours de Physique*, professé aux Facultés des sciences de Nancy et de Strasbourg par E. Rothé. Troisième Partie. *Aérologie* et *Aérodynamique*. (Présenté par M. G. Ferrié.)

PHYSIQUE. — *Procédé d'obtention du maximum de rayons ultraviolets à ondes courtes*. Note (1) de M. **N. Iarotzky**, présentée par M. Roux.

Dans la pratique de la photothérapie on utilise presque uniquement les électrodes de charbon à mèche d'oxyde métallique ou bien la lampe de quartz à mercure. L'arc voltaïque donne, à côté de rayons ultraviolets, des rayons caloriques très puissants. Le spectre de l'arc voltaïque est analogue au spectre solaire; mais l'abondance des rayons caloriques ainsi obtenus présente un inconvénient considérable dans l'utilisation de cette source de lumière.

Il y a peu de temps, on pensait que les lampes de quartz présentaient cet inconvénient à un degré beaucoup moindre. Le spectre donné par cette lampe forme des raies séparées et rares; il présente, d'après les recherches de Ladebourg et d'autres, le maximum de radiations dans la partie

(1) Séance du 27 août 1928.

jaune ($579^{\mu\mu}$). Les recherches récentes de Rubens et de Bayer ont montré que la lampe de quartz donne également un grand nombre de raies très intenses dans la partie infrarouge du spectre.

La source des rayons ultraviolets peut être fournie par des corps à l'état solide ou à l'état gazeux. Dans le premier cas, on peut compter seulement sur la radiation calorique qui est toujours plus faible que la « radiation noire ». A la température maxima qu'on peut obtenir (6000°) la radiation la plus forte se trouve loin de la zone ultraviolette, à laquelle revient le minimum d'intensité. Ce minimum n'est pas supérieur à celui du spectre solaire, si l'on déduit la quantité de rayons absorbés par l'atmosphère. Par contre, la source gazeuse représente pour nous un grand avantage; nous pouvons provoquer les radiations en agissant sur les gaz par le courant électrique. Ici le maximum de l'énergie spectrale est déterminé par l'énergie cinétique développée par le choc des électrons avec les molécules gazeuses, son intensité peut atteindre des dizaines de milliers de degrés.

L'arc voltaïque doit être compté dans le premier groupe de sources et il est absolument impossible d'obtenir par ce procédé le maximum de radiations ultraviolettes. Pour vérifier ces données, nous avons construit un arc voltaïque qui brûle sous 80 atmosphères, grâce à quoi la température monte de 4000 à 6000°. Notre appareil est même calculé de façon qu'il puisse fonctionner sous 500 atmosphères. Les expériences faites avec cet appareil ont montré que l'obtention même d'une température presque solaire, qui s'accompagne de l'augmentation de l'intensité de la radiation, ne change pas la distribution de l'énergie des différentes parties du spectre.

Nous avons également préparé une nouvelle lampe de quartz à vapeurs de mercure qui donne un champ d'action beaucoup plus considérable. Les radiations dans cette lampe sont obtenues par les vapeurs lumineuses de mercure qui peuvent être considérées comme des gaz. Pour augmenter leur énergie cinétique, il est nécessaire de modifier les conditions de leur combustion dans la lampe, en augmentant le voltage. La tension normale entre les électrodes dans les lampes de quartz ordinaires employées en photothérapie est de 20 à 80 volts. Dans notre lampe nous employons des courants de haute tension de 80000 volts. En modifiant la résistance on peut obtenir un spectre de mercure donnant des radiations de $253^{\mu\mu}$. (Avant nous, on n'obtenait pas d'ondes inférieures à $579^{\mu\mu}$), La partie visible du spectre dans ce cas est si faible qu'il ne peut pas être obtenu au spectrographe en quartz sur pellicule strictement panchromatique.

Pour comprendre l'intérêt que peut présenter dans la pratique médicale

la découverte de ces rayons ultraviolets à ondes courtes, il faut rappeler que la zone ultraviolette du spectre renferme des rayons produisant de l'érythème et des rayons bactéricides. La plus forte action irritante est produite par des rayons de 300 à $280^{\mu\mu}$, l'action bactéricide par les rayons de 260 à $230^{\mu\mu}$. Ainsi, dans la pratique médicale, l'utilisation de ces rayons

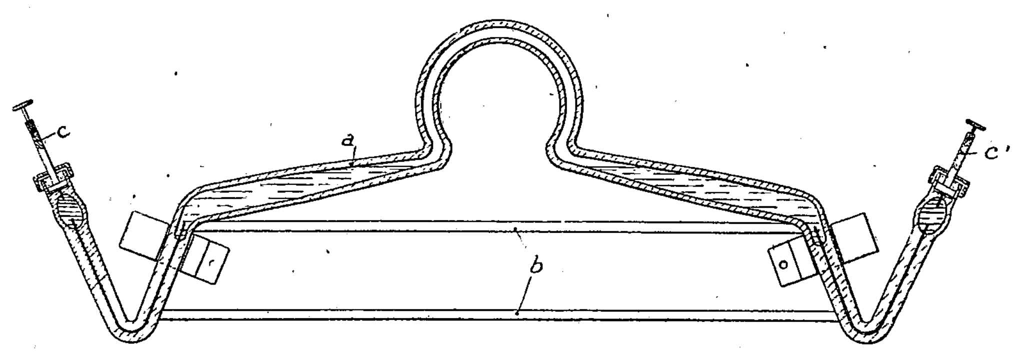


Schéma de la lampe de quartz à mercure. — La lampe de quartz à mercure à haute tension est formée d'un tube long et courbé A, aux deux extrémités duquel se trouve les électrodes métalliques C. Pour donner plus de stabilité à l'appareil, les extrémités de la lampe sont réunies par deux tiges de quartz.

bactéricides d'ondes très courtes et facilement absorbables par l'air présente un avantage considérable. Comme le spectre obtenu par notre lampe ne nous a pas paru donner des radiations infrarouges, caloriques, il est possible de rapprocher le malade traité le plus près de la source de rayons ultraviolets.

De plus, en combinant des lampes donnant des rayons infrarouges et d'autres des ultraviolets, on pourra étudier leur action simple ou combinée sur les êtres vivants.

Notons enfin deux autres avantages que présente notre lampe : *a*. la suppression des différents filtres pour l'absorption des radiations caloriques; *b*. l'action excessivement rapide des radiations ultraviolettes sur les éléments bactériens sans effet nocif sur le tissu.

GÉOLOGIE. — *Le bassin houiller de Djerada* (*Maroc oriental*). Note [1] de M. **J. Savornin**, transmise par M. Ch. Depéret.

Dès l'occupation du Camp des Aouïnet (42^{km} SSW d'Oudjda), un officier recueillit des fossiles qui permirent à L. Gentil de reconnaître le Dinantien et particulièrement la zone à *Goniatites striatus*.

Le camp est remplacé par une maison forestière. L'an dernier un garde remarqua des traces charbonneuses dans la berge de l'oued Sidi-Brahim, à 3^{km} de la maison. Un prospecteur, en mars 1928, pratiqua des recherches qui aboutirent à la démonstration de l'existence de la houille.

M. L'Ingénieur chef du Service géologique de Rabat nous a fait part de cet important résultat le 1er mai.

Nous avons pu, au mois de juin, visiter la région carboniférienne et étudier l'allure de la formation productive, avant la publication, prochaine, de notre carte au $\frac{1}{100\,000}$ d'Oudjda, levée d'avril 1924 à janvier 1926.

La base du Dinantien se présente à plusieurs kilomètres au nord de la ligne des crêtes du Djebel Djerada. Les assises inférieures sont très détritiques et formées de grès et conglomérats grossiers, affectés de quelques ondulations plutôt que de plissements véritables. Les grès deviennent plus fins et admettent des schistes durs, verdâtres, dans les assises supérieures dont les replis, plus ou moins serrés, forment toute la chaîne de Djerada. Ce n'est qu'au delà du col, hors de la feuille au $\frac{1}{200\,000}$ (et au $\frac{1}{100\,000}$) du Service géographique, que se présentent des assises plus récentes que le Dinantien.

On voit ici des schistes argileux, gris ou noirâtres, feuilletés ou bacillaires, rappelant les marnes crétacées du Tell algérien. Des intercalations de grès verdâtres, à empreintes végétales (*Équisétacées*, *Calamodendrées*), interrompent la monotonie de cette formation schisteuse, d'ailleurs recouverte d'éboulis, d'alluvions, de remaniements superficiels. En plusieurs points ces grès spéciaux, siliceux, à grain très fin, constituent le « mur » de couches charbonneuses, surtout dans la vallée du Sidi-Brahim où quatre de ces couches affleurent. Elles occupent un synclinal large de 800^{m}, épais d'environ 200, légèrement dissymétrique (pendage régulier de 30° pour le flanc nord, variable et en moyenne de 45° pour le flanc sud).

---

[1] Séance du 27 août 1928.

La couche inférieure paraît seule intéressante. Elle était à découvert, au début de juin, au flanc nord du pli, dans une amorce de descenderie démontrant une épaisseur de 2m coupée en biseau par l'alluvion quaternaire. C'est une houille anthraciteuse, pauvre en produits volatils et donnant 15 pour 100 de cendres près de l'affleurement : circonstances normales et très encourageantes.

La couche est remplacée au flanc sud du pli par deux minces ravettes, la plus basse reposant sur une voûte gréseuse, qui limite le synclinal de ce côté et occasionne une petite cascade.

Les autres couches semblent n'avoir qu'un intérêt théorique, leurs épaisseurs ne dépassant pas quelques décimètres. La plus haute correspond à l'axe même du pli, à fleur de sol à la traversée du ravin.

Nous nous sommes attaché à reconnaître l'allure de cette formation houillère, qui surmonte 2000m d'assises détritiques dinantiennes et qui se termine par de nouveaux conglomérats représentant la fin du cycle sédimentaire westphalien dans la région.

Nous avons délimité, sur la feuille Berguent, quatre synclinaux parallèles (direction N 70° E), dont les extrémités orientales sont disposées en coulisses. Nous n'avons pas étudié leurs extensions vers l'Ouest ; mais nos explorations antérieures nous permettent de préciser partout les limites des morts-terrains laissant voir les affleurements houillers.

La couverture est constituée à l'Ouest, au Nord et à l'Est par le Lias transgressif formant les corniches calcaréo-dolomitiques du Djorf Tanout, du rebord sud du plateau des Beni-Yala, du Djebel Otmane, du Djebel Zalouk, des débris du plateau nord du Mendjel Lekahl, puis enfin le pourtour d'un grand synclinal liaso-jurassique, jalonné par le Mahsseur Beni Thour, le Cherarif, l'Oussata, le Chekkar. Il en reste aussi quelques lambeaux témoins, tels que le piton du Bou-Keltoum, ceux des Zidour, du Sidi-Messaoud, etc., marquant le prolongement ouest du même synclinal.

Les morts-terrains de la partie sud sont les dépôts continentaux du Néogène supérieur des Hauts Plateaux de Berguent.

Il faut enfin noter la fréquence des roches vertes dont nous avons décrit l'énorme extension dans le Maroc oriental, jusqu'au cœur du Grand Atlas (nord de Gourrama), en signalant qu'elles contiennent parfois de l'or natif (Djebel Mekam, à l'est de Debdou). Ces diabases et roches d'épanchement correspondent à une longue phase de volcanisme ayant suivi le plissement hercynien, durant les périodes permienne et triasique. Elles isolent souvent le Dinantien-Westphalien du Lias transgressif.

La boutonnière où se voit l'anthracolitique est large de plus de 10^{km} (du kilomètre 37 au kilomètre 48 de la route n° 18). Elle s'allonge sur 36^{km} WSW-ENE : depuis la cote 999, entre l'oued el Haï et le Feddane el Djemel, jusqu'au Mendjel Lekahl.

Les sédiments détritiques dinantiens sont remplacés, dans la partie méridionale de cette aire d'affleurement, par des dépôts moins clastiques et même par des calcaires récifaux à crinoïdes. Ceci donne à penser que le rivage était au nord, où se montrent les schistes métamorphiques, avec noyaux granitiques, des Zekkara.

On est conduit à la même induction paléogéographique par l'examen de la répartition des couches de houille dans les synclinaux westphaliens, qui occupent à peu près le tiers de la superficie totale d'affleurement. La houille, indubitablement d'origine autochtone, a dû prendre naissance dans des marais côtiers périodiquement submergés.

Des *Productus* et autres brachiopodes se montrent jusque dans la zone utile du Westphalien.

PALÉONTOLOGIE. — *Contribution à la connaissance des faunes jurassiques du Poitou. Étage Oxfordien-Argovien.* Note de M. **Jules Welsch.**

Dans les *Comptes rendus* du 6 août 1928, j'ai donné des renseignements sur les Ammonites ferrugineuses de l'Oxfordien (*sensu stricto*) au sud de Niort ; ces marnes bleues ne sont pas souvent visibles en Poitou, mais elles passent vers le haut à des marnes argileuses d'un blanc jaunâtre qui sont beaucoup plus répandues. C'est alors le niveau des Marnes à Spongiaires de l'Argovien inférieur, Jura blanc α, zone à *Peltoceras transversarium* Qu.

Tranchée de Saint-Maurice. — C'est un des meilleurs gisements fossilifères sur la voie ferrée de Niort à Aiffres, ligne de Saintes. La tranchée n'est pas profonde et elle n'atteint guère les marnes bleues de l'Oxfordien proprement dit ; c'est la même zone qui se trouve au-dessus des marnes bleues, dans la tranchée du chemin de fer de La Rochelle, et l'on ne risque pas de trouver un mélange de la zone à *transversarius* et de la zone à *cordatus*. Cette tranchée a, du reste, été signalée par Alphonse Fournier.

On y trouve les fossiles des genres *Ochetoceras*, *Oppelia* ?, *Œcotraustes*, *Taramelliceras*, *Creniceras*, *Glochiceras*, *Haploceras*, *Perisphinctes* (*Grossouvria*), *Ataxioceras*, *Pachyceras*, etc. L'aspect des fossiles est absolument celui des fossiles de Birmensdorff, Argovie ; on ne pourrait pas les séparer, après

les avoir mélangés. M. Gourbine l'avait remarqué. Il est évident que cette faune demanderait à être décrite.

Voici les formes que l'on peut distinguer :

Ochetoceras Henrici d'Orb.; *Ochet. aff. Henrici; Ochet. Arolicum* Oppel et une forme voisine; *Ochet. canaliculatum* von Buch; il n'y a pas de véritable *Amm. canaliculatus* à Saint-Maurice, comme dans les gisements des Grosses Terres, etc.: *Ochetoceras stenorhynchum* von Buch; *Oppelia callicera* Oppel; *O. crassatum* Qu.; *O. costatum* Qu. (A. Schwab. Jura, pl. 99, fig. 24); *O. Gmelini*? Oppel, qui n'est pas absolument conforme au type; *A. aff. Lochense* Oppel, voisine de *A. pichleri* Qu.; *Peltoceras aff. Toucasianum* d'Orb., exemplaire beaucoup plus voisin de l'espèce d'Orbigny que du *transversarius* Qu.; *Haploceras falcula* Qu. (*Amm.* Schwab, Jura, pl. 92, fig. 50); *Pachyceras cf. Lalandeanum* d'Orb., forme qui est plutôt d'un niveau inférieur à la véritable zone à *transversarius; Creniceras dentatum* Reinecke; *Glochiceras nimbatum* Oppel; il y a de nombreuses formes de *Perisphinctes* qui deviennent de plus en plus difficiles à séparer; *Per. Wæhneri* Siemiradsky; *Per. Pralairei* E. Fabre; *Per. cf. Jelskii* Siem.; *Per. sorlinensis* de Loriol; *Per. chloroolithicus* Guembel; *Per. trichoplocus* Gemmellaro; *Per. Luciæ* de Riaz, avec des côtes non bifurquées, simples, moins fréquentes que dans le type; *Per. Marnesiæ* de Loriol, 1903; *Perisphinctes cf. colubrinus* de Riaz, *non* Reinecke; *Ataxoceras bifurcatus* Siemi; *Atax. Grossouvrei* Siemi (1898, pl. XXVII, fig. 54), qui doit être la même forme que *virgulatus* de Riaz et peut-être que *Per. Æneas* Gemmellaro; *Atax. Depereti* de Riaz, *Atax. Airoldi* Gemm.; *Per. Æneas* Gemm.; *Per. virgulatum* Qu. (1888, pl. 100, fig. 5); *Atax. Sutneri* Choffat; *Grossouvria obliqueplicata* Siem.; *Gross. aff. pseudo-bifurcata* Choffat; *Gross. aff. Navillei* Fabre, qui ne se rapporte pas complètement à la figure ou à la description du type; *Gross. regalmicensis* Gemm.; *Biplices crotalinus* Siem., non *subcolobrinus* Waagen; *Biplices crotalinus* de Riaz (*Amm.* de Trept., p. 32, pl. VII, fig. 5 et 61), qui n'est pas l'espèce de Siemiradsky, ni la forme *rota* Waagen, car les tours sont plus épais et les côtes un peu plus nombreuses, les lobes sont moins profondément découpés; *Cadoceras* (*Sphæroceras*) *Chapuisi* Oppel; *Œcotraustes aff. Bruckeni* Oppel (mon échantillon ne s'accorde pas dans les proportions avec le type); *Phylloceras cf. mediterraneum* Pompecki, 1893, qui est voisin de l'espèce de Neumayr, mais qui n'est ni un *Sowerbyceras*, ni *Amm. tortiсulatus; Aspidoceras aff. catena* Sow., formes qui se rapprochent de *A. faustum* Bayle; *Aspidoceras cf. faustum* Choffat, non Bayle; *Asp. Œgir* Oppel; *Asp. mamillanum* Quenstedt (Ceph. XVI, 1^b), les épines sont moins nombreuses dans mes échantillons que dans le type.

Pour montrer la difficulté de distinguer et de séparer les formes publiées par les paléontologistes, j'ajoute que les spécimens désignés sous le nom de *Asp. aff. catena* Sow. sont les plus voisins de cette espèce comme ornementation, mais ils ont certainement l'ombilic plus étroit et ils sont moins épais; ils ont l'ombilic plus étroit que *Faustum* de Bayle et n'ont pas les ornements aussi forts; ils ont l'ombilic trop petit et ne sont pas assez renflés

pour *Aspidoceras* Oegir; ils paraissent constituer presque une nouvelle espèce; ils rappellent *Amm. perarmatus æquiscostatus* Qu., (*Amm. Schwab*, Jura, pl. 95, fig. 24). La forme désignée comme *Asp. cf. faustum* Choffat a bien les mêmes proportions, mais n'a pas les ornements aussi forts; l'espèce de Choffat paraît avoir des ornements plus faibles que celle de Bayle.

A force d'analyser toutes les formes publiées et figurées, on se paralyse et on se dissout. L'ancienne espèce de l'époque de d'Orbigny était souvent un assemblage de formes différentes autour d'une forme type, c'était quelquefois un fagot; mais aujourd'hui, je crois que souvent les formes représentent des brindilles d'une même branche d'une plante.

En résumé, la tranchée de Saint-Maurice indique un niveau inférieur de la zone *transversarius*.

ENTOMOLOGIE. — *La formule de la fécondité chez le ver à soie du mûrier.* Note (¹) de M. **E. Poyarkoff**, transmise par M. F. Mesnil.

Les différences sexuelles entre les dimensions et la forme des cocons du Ver à Soie sont minimes, les cocons mâles et les cocons femelles ayant presque même forme et mêmes dimensions; la coque soyeuse du cocon a aussi presque le même poids dans les deux sexes. On peut donc dire que les cocons mâles et les cocons femelles sont égaux entre eux, sauf pour un point essentiel : des substances nécessaires pour la production des œufs ayant été accumulées dans le corps des nymphes femelles, le poids des cocons femelles est notablement supérieur à celui des cocons mâles; on peut en conclure que

$$C♀ - C♂ = P$$

où C♀ et C♂ sont les poids moyens des cocons femelles et des cocons mâles de diverses races de Ver à Soie et P représente le poids moyen des œufs pondus par une femelle.

Cette formule se vérifie avec une exactitude remarquable, comme le montre le tableau suivant :

(¹) Séance du 27 août 1928.

Race du Ver à Soie.	C♀.	C♂.	C♀ − C♂.	P.
Race blanche de Boukhara n° 1......	2,560	2,055	0,505	0,495
» » 2......	2,341	1,859	0,482	0,498
» blanche française.............	2,017	1,707	0,310	0,325
» des Alpes.....................	2,189	1,810	0,379	0,382
» Tchéki-ang....................	1,461	1,165	0,296	0,264
» orange de Chine..............	1,814	1,489	0,315	0,352
» verte de Chine................	1,609	1,314	0,295	0,301
» Sy-tchou-ang..................	1,691	1,384	0,307	0,317
» Sferico.......................	2,191	1,755	0,436	0,381
» Ascoli........................	2,212	1,764	0,448	0,389
» blanche de Turkestan..........	2,527	2,087	0,440	0,538
» jaune de Chine................	1,957	1,544	0,413	0,411
» blanche de Chine..............	1,939	1,529	0,410	0,408
» jaune de Kakhétie.............	1,809	1,555	0,254	0,269
» Chang-toung...................	0,829	0,730	0,099	0,115
» Loung-tchao...................	1,301	1,086	0,205	0,217
» Chén-koul.....................	1,125	0,928	0,197	0,215
En moyenne..............	1,857	1,516	0,341	0,346

Cette simple relation a échappé jusqu'ici à l'attention des savants qui ont étudié la fécondité chez le Ver à Soie (Jucci, 1925); la formule indiquée permet quelques conclusions intéressantes sur lesquelles je ne puis insister ici.

PHYSIOLOGIE PATHOLOGIQUE. — *De l'influence réciproque de la folliculine et de l'insuline sur la glycémie des chiennes ovariectomisées.* Note (¹) de MM. **F. Rathery**, **R. Kourilsky** et Mlle **Y. Laurent**, présentée par M. A. Desgrez.

Nous avons étudié, chez cinq chiennes ovariectomisées (de 14 à 15kg), l'action réciproque de la folliculine et de l'insuline sur l'hyperglycémie provoquée par l'ingestion de 20g de glucose.

L'injection simultanée d'insuline (20 unités) et de folliculine (10 unités), a modifié cette hyperglycémie dans des sens différents, si bien que l'on peut classer les résultats obtenus en deux groupes distincts.

(¹) Séance du 27 août 1928.

Premier groupe. — Il comprend trois animaux dont l'un a subi deux expériences identiques successives.

Ayant préalablement déterminé l'action de l'insuline sur l'hyperglycémie provoquée, nous avons constaté, en général, chez ces trois animaux que son effet était assez atténué par rapport à celui que l'on constate chez les chiennes normales : l'insuline laissait passer une poussée hyperglycémique immédiate importante et ne manifestait que tardivement son pouvoir hypoglycémiant.

Or l'injection simultanée de folliculine a eu pour effet, dans les trois cas, de *renforcer* très nettement l'action de l'insuline.

Chez le premier animal (chienne Ferd...), on constata qu'après l'injection de folliculine, l'insuline avait annihilé complètement la poussée hyperglycémique initiale consécutive à l'ingestion de glucose, alors que la seule injection d'hormone pancréatique n'avait pu réussir à l'empêcher; au lieu de cette élévation glycémique survenait, au contraire, une chute immédiate de la glycémie.

Or il est rare que l'insuline seule, aux doses où nous l'avons injectée, puisse — même chez l'animal normal — se montrer active au point de déterminer une chute immédiate de glycémie malgré l'ingestion simultanée de glucose.

Dans une deuxième expérience chez la même chienne, on retrouvait également ce renforcement dans l'action de l'insuline, mais il se traduisait ici sous une forme un peu différente : par une exagération dans la baisse tardive de la glycémie, sans que la poussée hyperglycémique initiale fût réduite.

	Glycémie.				
	Avant.	30 minutes.	1 heure.	2 heures.	5 heures.
Première expérience.					
Ins. seule......	1,11	1,31	1,66	2,38	0,41
Ins. et foll.....	0,97	0,85	0,65	0,54	0,76
Deuxième expérience.					
Ins. seule......	1,01	0,99	0,83	0,99	0,91
Ins. et foll.....	1,03	1,59	1,35	0,63	0,39

Chez le deuxième animal (Athan...) l'insuline put, après injection préalable de folliculine, atténuer l'hyperglycémie initiale due au glucose et exercer plus vivement son action hypoglycémiante.

	Glycémie.				
	Avant.	30 minutes.	1 heure.	2 heures.	5 heures.
Ins.	1,14	1,28	2,02	1,95	0,95
Ins. et foll.....	1,31	1,28	1,72	1,82	0,73

Chez la troisième chienne, l'effet fut identique.

	Glycémie.				
	Avant.	30 minutes.	1 heure.	2 heures.	5 heures.
Ins..........	1,12	2,06	1,62	0,70	0,76
Ins. et foll.....	1,32	1,51	1,12	0,87	0,76

L'écart entre les glycémies initiales et terminales est, en effet, beaucoup moins marqué avec l'insuline seule (0,36) qu'après l'injection simultanée de folliculine et d'insuline (0,53).

Deuxième groupe. — Il comprend deux animaux. Chez ceux-ci, l'action de l'insuline seule sur l'hyperglycémie provoquée avait été très marquée : la poussée hyperglycémique initiale avait été à peu près supprimée et l'hypoglycémie tardive très accentuée.

La folliculine a eu, cette fois, une influence opposée à celle des expériences précédentes; elle a freiné délibérément l'action de l'insuline :

		Glycémie				
Chien.	Injection.	avant.	30 minutes.	1 heure.	2 heures.	5 heures.
Ant...	Ins...........	1,23	1,41	0,94	1,20	0,45
	Ins. + foll....	1,42	1,48	1,74	1,81	0,86
Did...	Ins...........	1,06	0,87	0,59	0,80	0,33
	Ins. + foll....	1,30	1,75	1,86	1,09	0,48

Conclusions. — L'ovariectomie paraît modifier la réaction de l'organisme à l'insuline et à la folliculine. Chez trois chiennes, la folliculine a exercé sur l'insuline un effet diamétralement opposé à celui que nous avons constaté chez la chienne normale, en ce sens qu'elle a *exagéré* l'effet hypoglycémique de l'hormone pancréatique, fait d'autant plus intéressant que celle-ci n'avait eu, chez ces trois animaux, que des effets atténués.

Inversement chez deux autres chiennes, la folliculine a eu vis-à-vis de l'insuline le même effet que chez la chienne normale, c'est-à-dire qu'elle a restreint son pouvoir hypoglycémiant; or, il est curieux de constater que chez ces deux animaux l'insuline était précisément douée d'une très grande activité.

L'injection simultanée de folliculine et d'insuline révèle donc, chez la chienne ovariectomisée, deux types de réaction opposés suivant les réponses

préalables de l'animal à l'injection d'insuline. On peut par conséquent admettre que, dans l'organisme, un certain équilibre entre les deux hormones doive intervenir sur la régulation glycémique.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Transmission de la fièvre exanthématique de Marseille aux singes inférieurs.* Note (¹) de MM. **Et. Burnet** et **D. Olmer**, présentée par M. Roux.

La fièvre exanthématique de Marseille, signalée depuis 1922 sur la côte de Provence, a suscité l'intérêt des médecins et des hygiénistes, principalement à cause de la question qui a été posée dès les premières observations : Est-ce le typhus exanthématique ?

Nous avons signalé les ressemblances et les différences cliniques entre les deux maladies. Au point de vue de la réaction de Weil-Felix, nous avons montré que dans les deux cas où elle a semblé positive il y avait des réserves à faire sur la valeur de ce résultat. Quant à la reproduction expérimentale, nous avons constaté que jusqu'ici aucun des cobayes inoculés n'avait réagi.

En présence de ces incertitudes il n'y a qu'une méthode à suivre : Insister sur la reproduction expérimentale de la maladie en s'adressant au singe, qui, déjà dans le cas du typhus authentique, est un réactif plus sensible que le cobaye.

Dans trois cas (sur cinq) que nous avons inoculés, le sang du malade a causé chez le singe une maladie fébrile.

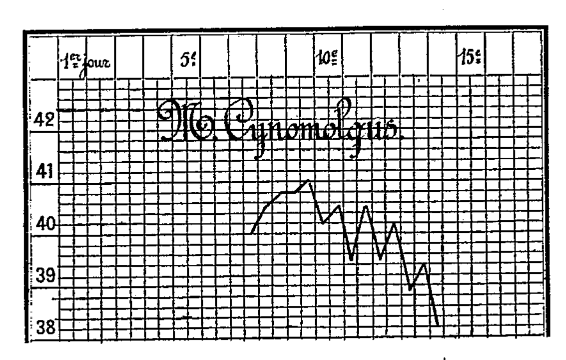


Fig. 1.

1. *Macacus Cynomolgus*, reçoit dans le péritoine 10^{cm^3} de sang d'un malade au huitième jour de la maladie. Le septième jour, début de la fièvre (*fig.* 1).

(¹) Séance du 27 août 1928.

2. *Callitriche*, reçoit dans le péritoine 8$^{cm^3}$ de sang d'un malade au huitième jour de la maladie. Le neuvième jour, fièvre (*fig.* 2).

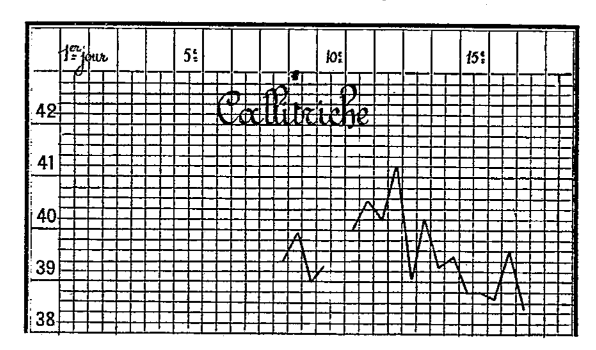


Fig. 2.

3. *Patas*, inoculé dans le péritoine avec 10$^{cm^3}$ de sang d'un malade au deuxième jour de l'éruption, au cinquième de la maladie (40°,6). Le neuvième jour, début de la fièvre (*fig.* 3).

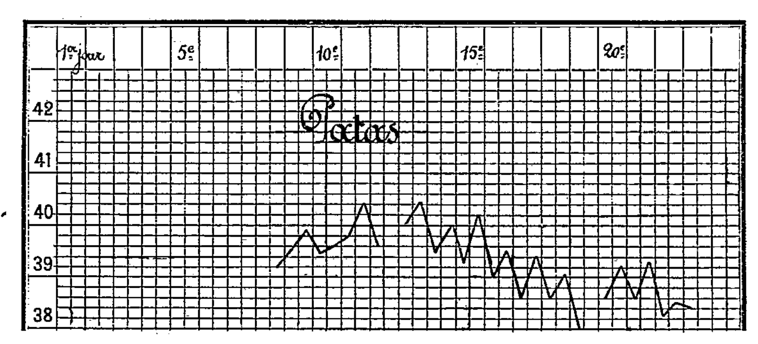


Fig. 3

Passage positif : Du sang de ce Patas, au treizième jour après l'inoculation, a été

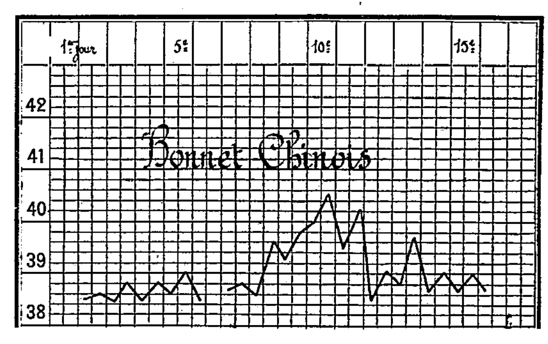


Fig. 4.

inoculé dans le péritoine d'un Bonnet chinois : ce dernier a commencé le huitième jour sa maladie fébrile (*fig.* 4).

Nous n'avons observé chez ces animaux aucun autre symptôme que la fièvre, si ce n'est, chez le Cynomolgus n° 1, de l'inappétence et de l'abattement.

A partir des mêmes cas humains, l'inoculation de sang a été faite, en même temps qu'aux singes, à des cobayes : aucun cobaye n'a présenté d'élévation de température semblable à celle des singes.

Conclusion. — Le sang de malades atteints de la fièvre exanthématique de Marseille a transmis aux singes inférieurs une maladie fébrile. La maladie fébrile a été transmise de singe à singe.

Nous poursuivons ces expériences avec l'idée de connaître la maladie de Marseille en elle-même et dans ses rapports avec le typhus exanthématique.

La séance est levée à 15h45m.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 13 août 1928.)

Note de M. *Silvio Minetti*, Sur une égalité dans la théorie des fonctions entières :

Page 373, ligne 2 en remontant, avant les mots on en conclut, *lire* et en vertu du théorème de Hadamard-Schou.

Page 374, ligne 4, après le mot *convergentes*, supprimer la fin de la phrase.

(Séance du 27 août 1928.)

Note de M. *J. Lacoste*, Sur la variation diurne de l'agitation microséismique :

Page 447, la légende (lignes 17 à 20) se rapporte à la figure de la page 448.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 10 SEPTEMBRE 1928

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE ROUX.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

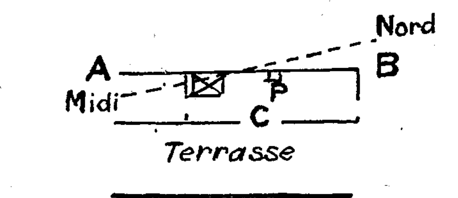
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ASTRONOMIE. — *L'observatoire de Delambre à Bruyères (Seine-et-Oise).*
Note [1] de M. G. BIGOURDAN.

On a vu (p. 439) que Delambre a également fait quelques observations astronomiques à Bruyères, où il avait pu établir un petit observatoire dans la maison de Mme Lelong. Ses registres (voir p. 401-402) donnent quelques détails sur cet observatoire où il fit (ou dans les environs) les séjours suivants, outre ceux déjà indiqués, et tous assez courts :

1790	Mai 22–Juin 11	(II, 240-241)	1791	Oct. 13-Nov. 22	(III, 235)
1791	Mars 14– ?	(III, 125)	1792	Mai 26-Mai 30	(III, 383)
»	Juin 11-Juillet 6	(III, 179)	1795	Avril 17-Mai 30?	(III, 419)

Observations. — A la date du 4 juin 1787 (p. 64) il donne de son observatoire un dessin assez grossier que reproduit la figure et qu'il accompagne de ces indications :



La ligne ponctuée est la méridienne à peu près. AB le mur du fond de ma chambre, contre lequel est la pendule P; et C est la porte qui donne sur la terrasse sur laquelle

[1] Séance du 20 août 1928.

on descend par trois degrés. Au-dessus de la chambre il n'y a qu'un toit peu élevé et je puis observer jusqu'à 70° de distance zénithale.

Observations. — Les séjours que Delambre faisait à Bruyères étaient parfois bien courts et ne se prêtaient guère à des observations suivies, pour lesquelles il paraît d'ailleurs avoir manqué d'instruments appropriés : le meilleur de son temps était consacré à la détermination de l'heure par des hauteurs correspondantes; aussi n'a-t-il obtenu là qu'un petit nombre de résultats utiles : éclipses de satellites de Jupiter et occultations d'étoiles par la Lune. Il n'est d'ailleurs pas certain que nous ayons tous les registres des observations faites à Bruyères.

Il y avait aussi construit un cadran solaire dont il parle ainsi à la date du 4 novembre 1787 :

J'ai profité du beau tems de ce matin pour vérifier le cadran solaire que j'avois construit de cette manière.

Au solstice d'été 1786 j'avois marqué les points horaires de quart d'heure en quart d'heure depuis $10^h.43'$ jusqu'à $1^h.30'$. Cet automne en trois jours différens j'ai marqué les points horaires correspondans que j'ai fait joindre aux premiers par des lignes droites prolongées par le haut. Vers le point solsticial d'hiver j'ai fait mener une ligne parallèle à l'horizon et mesurer les intervalles des lignes horaires sur cette ligne; j'ai observé le matin le passage du Soleil par toutes les lignes horaires : elles se sont trouvées avancer de quelques secondes; une minute vaut depuis $1^{li},33$ jusqu'à $1^{li},5$ sur l'horizontale dont j'ai parlé; il a donc été facile de calculer de combien il falloit avancer les lignes horaires vers la droite c'est-à-dire vers l'orient. J'ai fait mettre à tous les points corrigés de petits clous de cuivre comme j'avois fait au solstice d'hiver et j'attens le peintre pour tracer les lignes véritables.

Ce cadran, s'il est bien tracé par le peintre, donnera l'heure à cinq secondes près en tous tems...

L'année suivante en mai il compare (p. 148-149) les indications de ce cadran solaire à celles de sa pendule, préalablement réglée, et conclut ainsi :

Le cadran suffit donc pour régler une pendule à deux ou trois secondes près.

Peu après il vérifie sur le clocher d'Egli son quart de cercle par renversement.

Coordonnées.

Dans le tome I de la *Base du Système métrique*, p. 147, Delambre dit :

J'ai fait cette station pour joindre aux triangles de la méridienne une maison [celle de Mme Lelong, porte du perron qui descend dans le jardin] dans laquelle j'ai fait plusieurs observations astronomiques, et où, depuis, j'ai fait construire un petit observatoire.

Pour ce rattachement il avait mesuré (*Base* I_2 139, 147, 150, 524) les trois angles du triangle *Bruyères-Malvoisine-Torfou* et il avait déterminé diverses distances zénithales pour conclure les altitudes (I_2 137, 149; II, 723) : celle-ci pour Bruyères est de 52 toises ($101^m,4$). Pour les distances de Bruyères à la méridienne et à la perpendiculaire de Dunkerque il donne $6849^T,3$ et $13.782^T,11$.

Mais il faut ramener ces nombres à la méridienne et à la perpendiculaire de l'Observatoire :

Longitude. — Bruyères est (*Base* III, 226) $6849^T,0$ à l'*ouest* et la pyramide Montmartre (qui est la méridienne de l'Observatoire) $1493^T,0$ à l'*est*. Au total Bruyères est donc $8342^T,0$ à l'ouest de notre méridien fondamental.

Latitude. — Les nombres de Delambre placent Bruyères à $14.343^T,1$ au *sud* du Panthéon qui, lui-même, est $560^T,99$ au *nord* de l'Observatoire. On a donc finalement :

Dist. à la mérid. de l'Obs^{re} = $8.342^T,0 = 16.248^m,9$ O ou $\Delta\mathfrak{L} = 13'.15'',5 = 0^m.53^s,04$

» perpend. » $= 13.782^T,11 = 26.861^m,2$ S ou $\Delta\varphi = 14'.30'',0$.

Ainsi : Longitude ouest = **$0^h.0^m.53^s,04$** Latitude nord = **$48^o.35'.11'',0$**.

CORRESPONDANCE.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur des algorithmes caractéristiques de probabilité.* Note de M. **Constant Lurquin**, transmise par M. Émile Borel.

1. Les concepts classiques de valeur moyenne et d'écart moyen pour une ou plusieurs variables éventuelles ont acquis une importance essentielle dans les théories modernes de probabilités.

La présente Note fait connaître des résultats relatifs à l'analyse statistique de ces deux algorithmes probabilitaires.

2. La valeur moyenne absolue V.M d'une variable éventuelle α est définie par la relation

$$\text{V.M}(\alpha) = \sum_{1}^{\mu} {}_i \, \varphi(\alpha_i)\alpha_i, \qquad (1)$$

$\varphi(\alpha)$ est une fonction donnée qui caractérise le schéma de probabilité.

La généralité de la forme canonique (1) peut être restreinte de différentes façons; les deux principales se rapportent à la loi binomiale ordinaire de probabilité et au schéma de Poisson.

La valeur moyenne d'une variable éventuelle est un algorithme stable pour cette quantité variable. Si α, β sont des variables indépendantes, on a

$$\text{(2)}\qquad \text{V.M}\left(\frac{\alpha}{\beta}\right) = \text{V.M}(\alpha)\,\text{V.M}\left(\frac{1}{\beta}\right).$$

La loi de composition la plus générale pour les valeurs moyennes est donnée par le développement symbolique

$$\text{(3)}\qquad \text{V.M}(\alpha+\beta+\gamma+\ldots)^n = [\text{V.M}(\alpha) + \text{V.M}(\beta) + \text{V.M}(\gamma) + \ldots]^n.$$

Le concept de fonction génératrice de fréquence conduit à une théorie élégante des valeurs moyennes.

Le calcul des valeurs moyennes dans le cas du schéma de Bernoulli pour une puissance quelconque de la variable donne la formule

$$\text{V.M}(\alpha^n) = \sum_{1}^{\mu}{}_i\, N_i^n A_i^\mu p^i$$

avec

$$N_1^n = N_n^n = 1, \qquad N_i^n = i N_i^{n-1} + N_{i-1}^{n-1}, \qquad A_i^\mu = \mu(\mu-1)\ldots(\mu-i+1).$$

3. L'écart absolu x est une variable éventuelle dont la valeur moyenne est nulle.

On a

$$x_i = \alpha_i - \text{V.M}(\alpha) \qquad (i = 1, 2, \ldots, \mu).$$

L'écart moyen de degré n de α est la valeur moyenne de la puissance n de l'écart x. En particulier, l'écart moyen quadratique $\underset{(2)}{\text{E}}(\alpha)$ vaut

$$\underset{(2)}{\text{E}}{}^2(\alpha) = \text{V.M}(x^2) = \text{V.M}(\alpha^2) - [\text{V.M}(\alpha)]^2.$$

Il existe pour cette fonction de probabilité une propriété simple d'invariance donnée par la relation

$$\underset{(2)}{\text{E}}{}^2(\alpha+\beta+\gamma+\ldots) = \underset{(2)}{\text{E}}{}^2(\alpha) + \underset{(2)}{\text{E}}{}^2(\beta) + \underset{(2)}{\text{E}}{}^2(\gamma) + \ldots.$$

Les fonctions génératrices de fréquence permettent d'établir rapidement ce résultat.

La relation (3) admet l'extension suivante :

$$\underset{(n)}{\text{E}}{}^n(\alpha+\beta+\gamma+\ldots) = \sum \frac{n!}{a!\,b!\,c!}[\text{E}(\alpha)]^a[\text{E}(\beta)]^b[\text{E}(\gamma)]^c\ldots$$
$$(a+b+c+\ldots = n).$$

Dans un autre Recueil nous avons fait connaître différentes méthodes générales de calcul des écarts moyens de probabilité et en particulier leurs valeurs concrètes pour le schéma de Bernoulli.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les fonctions entières à série lacunaire.* Note de M. **Miécislas Biernacki.**

M. G. Pólya a montré (¹) que si la fonction entière

$$a_0 + a_1 x^{n_1} + \ldots + a_k x^{n_k} + \ldots, \tag{1}$$

où $\lim\limits_{k=\infty} \frac{k}{n_k} = 0$ est d'ordre infini, toute demi-droite issue de l'origine est « à la Julia ». Je vais établir un théorème analogue :

Si $\underline{\lim}_{k=\infty} \frac{\log(n_{k+1} - n_k)}{\log n_{k+1}} > \frac{1}{2}$, *toute demi-droite issue de l'origine est de Julia pour la fonction entière* (1) (²).

Je poserai $|z| = r$; $n(r)$ sera le rang du terme de module maximum de la série (1), $m(r)$ son module, $M(r)$ le maximum de $|f(z)|$, $A(r)$ celui de $\mathcal{R}[f(z)]$ [partie réelle de $f(z)$] pour $|z| = r$; je suppose que pour $\rho'_k \leq r < \rho'_{k+1}$, $n(r) = n'_k$. D'après une proposition connue (³) et la condition de l'énoncé, on a, pour toute valeur « ordinaire » de r,

$$f(z) = a_n z^n [1 + \varepsilon_n(z)], \tag{2}$$

où $n = n(r)$ et $\varepsilon_n(z) \to 0$ avec $\frac{1}{n}$. Si r parcourt les valeurs qui ne sont pas ordinaires, $\log r$ varie dans (r_0, ∞) d'une quantité ∞ petite avec $\frac{1}{r_0}$ et dans (r', r''), r' et r'' étant des valeurs ordinaires, de

$$[n(r'') - n(r')][n(r')]^{\alpha - 2} \qquad (0 < \alpha < 1) \tag{3}$$

au plus.

Lemme. — *Soient Δ' un domaine fermé, Δ un domaine fermé complètement intérieur à Δ, $\varphi(z)$ une fonction holomorphe dans Δ', A' et A les maxima de $\mathcal{R}[\varphi(z)]$ dans Δ' et Δ respectivement. Le rapport $|\varphi'(z)| : (A' - A)$ ne dépasse pas, dans Δ, un nombre qui ne dépend que de Δ et de Δ'.*

(¹) *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1526, Théorème II.

(²) Je n'ai établi primitivement cette proposition que sous la condition $\underline{\lim}_{k=\infty} \frac{n_{k+1}}{n_k} > 1$. M. Pólya m'a fait remarquer que la démonstration doit pouvoir s'étendre au cas envisagé dans le texte.

(³) A. Wiman, *Acta math.*, 41, 1918, p. 8. — G. Valiron, *Ann. Éc. Norm.*, 3ᵉ série, 37, 1920, p. 237, Théorème VII. Cf. aussi W. Saxer, *Math. Zeitschr.*, 17, 1923, p. 206-227.

En effet, si z_0 est un point de Δ où $\mathcal{R}[\varphi(z_0)] = A$, la famille

$$h(z) = \frac{\varphi(z) - \varphi(z_0)}{A' - A}$$

est normale et bornée; on peut aussi utiliser l'inégalité connue

$$(R - r)M(r) \leqq 2rA(R)$$

[$f(z)$ holomorphe dans $|z| \leqq R$, $f(0) = 0$, $0 < r < R$], en effectuant une transformation conforme.

Si $\lim\limits_{\overline{k=\infty}} \frac{\rho'_{k+1}}{\rho'_k} > 1$, considérons la famille $f_k(z) = f(\rho'_k z)$ dans le secteur S : $|\arg r'| < \frac{\theta}{2} q^{-4} < |z| < q^4$ $(q > 1)$; supposons que les $f_k(z)$ ne s'y annulent pas. En appliquant le lemme aux fonctions $\log f_k(z)$, en utilisant (2) et la formule $\log m(r) = \int_0^r \frac{n(t)}{t}\,dt$, on trouve[1] que dans le secteur Δ : $|\arg z| \leqq \frac{\theta}{8}$, $q^{-2} \leqq |z| \leqq q^2$,

$$(4) \qquad \left|\frac{f'_k(z)}{f_k(z)}\right| = O(n'_k).$$

Considérons les secteurs $\mathcal{R}_k$: $|\arg r| \lesseqgtr \frac{\theta}{8}$, $r'_k \leqq |z| \leqq r''_k$, où r'_k est la plus grande valeur ordinaire $< \rho'_k$ et r''_k la plus petite valeur ordinaire $> \rho'_k$. Évaluons $\int \frac{f'(z)}{f(z)}\,dz$ prise le long des contours des $\mathcal{R}_k$. Les arcs de cercles fournissent, d'après (2), une contribution de l'ordre de $[n(r''_k) - n(r'_k)]$. Les segments de droites limitant les $\mathcal{R}_k$ fournissent, d'après (4), une contribution ∞ petite par rapport à $n(r''_k)$. Si $\frac{n(r''_k)}{n(r'_k)} \to 1$ lorsque $k \to \infty$, on utilise (3).

Si $\lim\limits_{k=\infty} \frac{\rho'_{k+1}}{\rho'_k} = 1$ et $f(z)$ est de l'ordre fini, il existe une suite $\{r_k\}$, $\lim\limits_{k=\infty} r_k = \infty$ telle que $\lim\limits_{k=\infty} \frac{n(q^4 r_k)}{n(q^{-2} r_k)} < +\infty$. On étudie la famille $f(r_k z)$ dans le secteur S et l'on considère les secteurs $\mathcal{R}_k$ du cas précédent : au lieu de ρ'_k intervient une valeur ρ'_s telle que $r_k \leqq \rho'_s \leqq q r_k$. La démonstration s'achève comme plus haut.

Si $f(z)$ *est de l'ordre infini*, le théorème n'est qu'un cas particulier de

---

[1] En supposant que k parcourt une suite des valeurs par laquelle $\lim\limits_{k=\infty} \frac{\rho'_{k+1}}{\rho'_k} = 1$.

celui de M. Pólya; il résulte d'ailleurs facilement de (2) et d'un théorème de M. Mandelbrojt [1].

Remarques. — I. Si $f(z)$ est de l'ordre fini elle prend, dans les secteurs transformés de S par $z|\rho'_k z$ ou $z|r_k z$, *toute* valeur un nombre de fois qui $\to \infty$ avec k.

II. Une étude algébrique fort simple [2] montre que, dans un angle quelconque d'ouverture θ, les polynomes-sections $a_0 + a_1 x^{n_1} + \ldots + a_k x^{n_k}$ prennent toute valeur $n_k \frac{\theta}{2\pi}(1 + \varepsilon_k)$ fois, $\varepsilon_k \to 0$ avec $\frac{1}{k}$, et ceci *sous la seule condition* $\lim\limits_{k=\infty} \frac{k}{n_k} = 0$.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur la détermination géométrique des lignes d'influence des efforts dans les poutres continues de forme quelconque.* Note [3] de M. **Farid Boulad Bey**, transmise par M. d'Ocagne.

A notre connaissance on n'a pas encore donné un procédé pratique de construction graphique des lignes d'influence des efforts dans les éléments des travées intermédiaires d'une poutre continue de forme quelconque en tenant compte des dimensions de ses divers éléments. Les méthodes employées exigent des calculs et des tracés assez laborieux.

Comme les cahiers des charges des ponts métalliques dans quelques pays prescrivent la présentation des calculs de ces ponts par la méthode des lignes d'influence, en raison de l'avantage qu'offrent ces lignes de permettre un calcul rapide et exact de la stabilité de ces ouvrages, nous croyons utile de présenter ici un nouveau théorème sur la détermination géométrique de ces lignes d'influence dans les deux cas d'une poutre continue à quatre et cinq appuis simples.

Ce théorème ramène la détermination de la ligne d'influence (S) des efforts dans un élément quelconque S (*fig.* 1) d'une travée intermédiaire $A_1 A_2$ d'une poutre continue à cinq appuis A_0, A_1, A_2, A_3, A_4, au cas où cette poutre serait supposée reposant seulement sur ses deux appuis

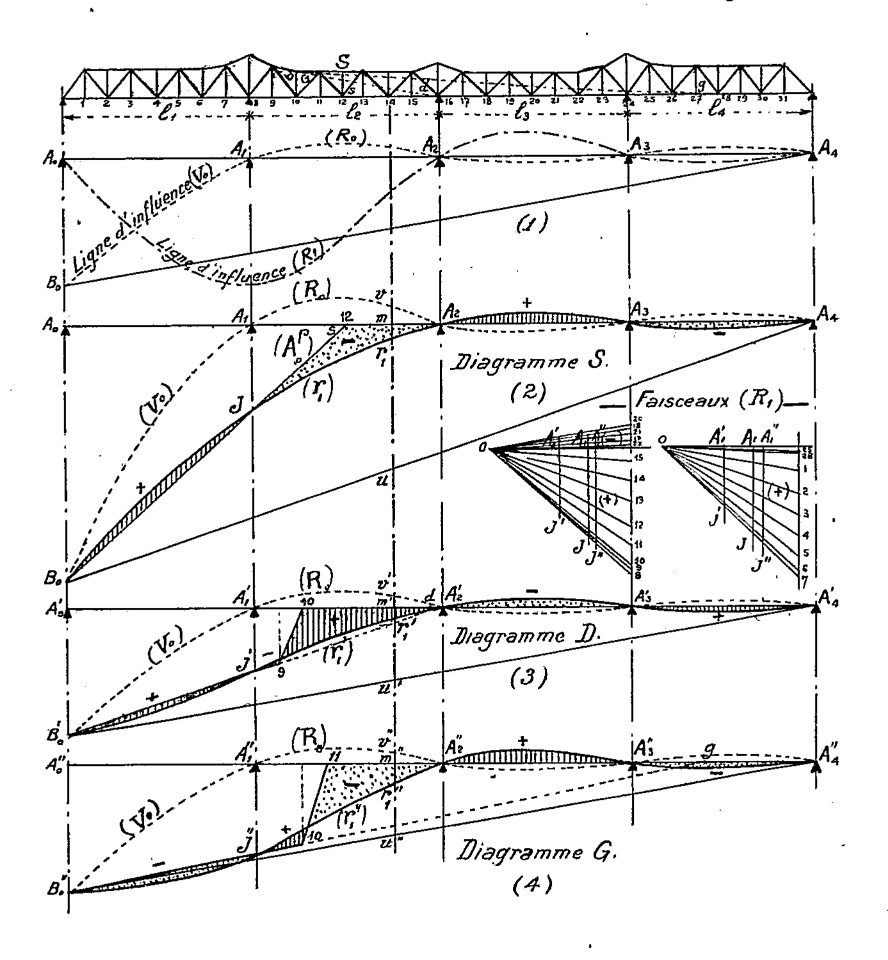
---

(1) *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 1098, théorème I. Une démonstration analogue permet de retrouver le théorème I de la Note citée de M. Pólya.

(2) Cf. pour la méthode suivie mon travail *Sur les équations algébriques*, etc. (*Bulletin de l'Acad. polonaise des Sciences*, *Classe des sciences mathém. et natur.*, série A, 1927, p. 587-594).

(3) Séance du 3 septembre 1928.

extrêmes. Nous donnerons également ici un résumé de l'application de ce théorème aux trois éléments : la membrure S et les deux diagonales D et G.



En effet, soient (R_0) et (R_1) [diag. (1)] les deux lignes d'influence respectives des réactions des deux appuis A_0 et A_1, supposées déterminées, A_0B_0 [diag. (2)] l'ordonnée en A_0 de la ligne (R_0) ou (V_0) et J le point de rencontre de la verticale de l'appui A_1 avec la droite $B_0 s$ joignant le point B_0 au point de projection s du nœud opposé à l'élément S sur la droite A_0A_4.

Voici l'énoncé de ce théorème : *Les ordonnées de la ligne d'influence* (S) *sont représentées par les segments verticaux intérieurs aux zones hachurées et pointillées comprises entre les deux lignes suivantes :* 1° *la ligne d'influence* (A_0^p) *des efforts dus à une charge isolée* $P = 1$ *dans cette poutre supposée à*

une seule travée A_0A_4, *rapportée à la droite* B_0A_4 ; 2° *la ligne d'influence* (r_1) *des réactions de l'appui* A_1 *à ordonnées comptées à partir de la ligne* (R_0) *ou* (V_0) *et réduites de manière que cette ligne* (r_1) *ou* $B_0JA_2A_3A_4$ *passe par le point* J.

Propriété importante de la ligne (R_0) relative à ce théorème: *Quel que soit le nombre de travées d'une poutre continue* A_0A_n, *si la ligne* (R_0) *ou* $B_0A_1A_2\ldots A_n$ [diag. (1)] *était rapportée à la droite* B_0A_n, *elle représenterait également la ligne d'influence* (V_0) *de la réaction en* A_0, *due aux seules réactions de tous les appuis intermédiaires dans cette poutre supposée à une seule travée* A_0A_n.

Dans la figure ci-contre les trois diagrammes (2), (3) et (4) représentent l'application de ce théorème aux trois éléments S, D, G ayant pour sommets opposés correspondants *s*, *d*, *g*.

Les lignes d'influence précitées (A_0'') correspondant à ces trois éléments sont représentées par les trois polygones $B_0sA_4B_0$, $B'_0.9.10.A'_4B'_0$ et $B''_0.10.11.A''_4B''_0$ construits par la méthode habituelle. Les lignes d'influence (r_1), (r'_1) et (r''_1) correspondant à ces mêmes éléments passent respectivement par les trois points de rencontre J, J′, J″ de la verticale de A_1 avec les trois droites B_0s, B'_0d, B''_0g et ont été tracées en se servant du faisceau (R_1) de réduction des ordonnées de la ligne d'influence (R_1) au droit des nœuds 1, 2, 3, 4, ..., de cette poutre triangulée.

Les lignes d'influence des efforts représentés ainsi par les segments ci-dessus, sont dites à ordonnées *réduites*. Pour avoir l'effort réel dans un élément S dû à une charge quelconque dans cette poutre, il suffit de déterminer l'effort f_0 dans cet élément dû à une réaction $R_0=1$ agissant en A_0 dans cette poutre supposée en porte à faux de A à A_0, ensuite d'adopter A_0B_0 comme unité des ordonnées réduites de la ligne (S) et de multiplier par f_0 l'effort donné par la lecture de ces ordonnées *réduites*.

Dans une Note, actuellement sous presse, nous donnerons la démonstration de notre théorème ainsi que le détail de ses applications aux deux cas d'une poutre à quatre et cinq appuis.

PHYSIOLOGIE. — *Sur le rapport de la fécondité et de la haute fréquence dans les postes d'émission de télégraphie sans fil.* Note [1] de MM. **Nemours-Auguste** et **Martin**, transmise par M. d'Arsonval.

Désirant nous rendre compte de la valeur de certains bruits courant sur la stérilité produite chez les manipulateurs des postes d'émission de télégraphie sans fil, et quoique cette action des courants de haute fréquence ne réponde à aucune loi électrophysiologique, nous avons fait l'expérience

[1] Séance du 27 août 1928.

suivante : Nous avons placé deux lots de souris, un mâle, l'autre femelle à 2^m et pendant 15 jours et 15 nuits, d'un solénoïde de la Tour Eiffel; dont les caractéristiques étaient les suivantes :

1° Longueur totale du solénoïde	$1^m,50$
2° Longueur de la partie utilisée	$0^m,93$
3° Nombre total de spires	48
4° Nombre total de spires utilisées	30
5° Pas de l'enroulement	$0^m,031$
6° Diamètre du solénoïde	$1^m,75$
7° Intensité du courant	60 amp. env.
8° Longueur d'onde des émissions	7200^m

Au bout de ce laps de temps, nous avons réuni les mâles et les femelles. 45 jours après les femelles donnaient des petits.

Nous faisons remarquer que les manipulateurs ne demeurent jamais à demeure dans les conditions de notre expérience.

Avec les postes à éclateur, le bruit répété produisait des phénomènes d'asthénie qui ne sont pas observés à l'heure actuelle.

Nous pensons que dans les conditions de notre expérience la haute fréquence ne détermine pas la stérilité.

ÉLECTROPHYSIOLOGIE. — *Théorie cinétique de l'excitation neuro-musculaire par ondes brèves.* Note (¹) de M. **Philippe Fabre**, transmise par M. d'Arsonval.

Le premier stade de l'excitation électrique d'un tissu consiste en une charge ionique des surfaces internes qui s'établit en un temps négligeable lors de l'admission d'un courant constant.

Les ions minéraux B ainsi accumulés doivent s'unir aux ions colloïdaux A du protoplasme avec une vitesse qui caractérise le tissu excité. Cet échange de charges électriques entre ions ne modifie pas la quantité totale d'électricité au niveau de la surface, qui reste constante jusqu'à l'ouverture du courant.

On retrouve la forme des résultats expérimentaux relatifs à l'excitabilité par ondes rectangulaires en posant que la réaction est d'ordre supérieur au

(¹) Séance du 27 août 1928.

premier ($n > 1$) par rapport aux ions B,

$$A + nB \rightleftharpoons C$$

et en admettant qu'une certaine quantité a d'ions B doit être entrée en réaction par unité de volume protoplasmique actif pour que le seuil de l'excitation soit atteint.

La vitesse de la réaction est d'après la loi d'action de masse

$$(1) \qquad \frac{dx}{dt} = K\left(M - \frac{x}{n}\right)(mi - x)^n - H\frac{x}{n};$$

$m \times i$, nombre d'ions B accumulés au début, par unité de volume actif, au voisinage de la surface, sous l'effet du courant d'intensité i;
x, nombre de ces ions ayant réagi au temps t;
M, nombre d'ions A au début, dans l'unité de volume actif;
K, vitesse de la réaction directe;
H, vitesse de dissociation.

Nous poserons l'ordre $n = 2$; pour un ordre n plus élevé la forme des résultats eût été la même, mais ce choix nous est imposé pour satisfaire à la loi de l'énergie pour les passages très brefs.

Remplaçons en première approximation $\left(M - \frac{x}{2}\right)$ par M, le nombre d'ions protoplasmiques transformés étant petit vis-à-vis de leur nombre total. Négligeons aussi la désintégration de vitesse H faible, il vient

$$(2) \qquad t = \frac{1}{KM}\int_{x=0}^{x=a} \frac{dx}{(mi - x)^2} = \frac{1}{KM}\left[\frac{1}{mi - a} - \frac{1}{mi}\right].$$

Pour les valeurs de l'intensité voisines de la rhéobase, $mi - a$ est faible; son inverse, le premier terme, est donc prépondérant vis-à-vis du deuxième qui peut être négligé. Le temps et l'intensité liminaires sont alors liés par une formule qui correspond à la loi hyperbolique de Weiss

$$t = \frac{\alpha}{i - \beta}.$$

La chronaxie, $T = \frac{\alpha}{\beta}$, a donc pour expression théorique

$$T = \frac{1}{KaM}.$$

On voit qu'elle est inversement proportionnelle à la vitesse de réaction du tissu K, à la richesse M du protoplasme en ions actifs (A), au nombre a

d'ions B par centimètre cube, unis lors de l'excitation liminaire. Les nombres a et m doivent dépendre dans une certaine mesure de l'étendue et de l'emplacement des électrodes, M en est indépendant.

Résultat paradoxal : les tissus facilement excitables (a faible) auraient de grandes chronaxies; résultat pourtant en accord avec la D. R. où le seuil galvanique du muscle s'abaisse alors que T s'élève considérablement. Ici la diminution de la vitesse de réaction doit aussi concourir au relèvement de T.

Pour les temps courts le terme soustractif $\frac{1}{m.i}$ n'est plus négligeable; la formule (2) montre que la courbe des quantités $i \times t$ passe par l'origine. Pour les temps extrêmement courts d'ailleurs, la variation du facteur $\left(M - \frac{x}{2}\right)$, négligée jusqu'ici, devient prépondérante par rapport à celle de $mi - x$; en effet à cause de la valeur très grande de i, ce dernier facteur peut être remplacé par $m.i$. On peut donc poser dans cette région :

$$t = \frac{1}{K}\int_0^a \frac{dx}{\left(M - \frac{x}{2}\right) m^2 i^2} = \frac{2}{K m^2 i^2} \log \frac{M}{M - \frac{a}{2}},$$

c'est-à-dire, puisque $\frac{a}{M}$ est faible :

$$(3) \qquad i^2 \times t = \frac{a}{K M m^2} = i_0^2 \times T = \text{const.},$$

où $i_0 = \frac{a}{m} \# $ rhéobase.

Le facteur de l'énergie électrique est donc constant pour les durées très brèves et cette constante égale la chronaxie si l'on prend la rhéobase pour unité d'intensité.

Dans le cas général on aurait eu :

$$i^n \times t = \text{const.}$$

La chronaxie T donnée par (3) n'est pas exactement celle T' qu'eût donnée l''ntégration complète de (1) :

$$T' = \frac{2}{K a (2M - a)}$$

La comparaison des valeurs expérimentales de T et de T' pourra fixer l'ordre de grandeur de $\frac{a}{M}$.

Il conviendra de prendre pour T′ quatre fois environ la valeur de la chronaxie usuelle T, car la droite de Weiss est en fait un long segment quasi rectiligne de la courbe théorique approchée :

$$mQ(mQ - at) = at,$$

segment distinct de l'asymptote, comme le montre la construction. Le relèvement de la courbe des Q pour t très grand sera traité avec la théorie des courants progressifs.

HYGIÈNE. — *Les piscines publiques*. Note (1) de MM. **Bordas** et **Neveu**, présentée par M. d'Arsonval.

On a signalé, à plusieurs reprises, tant en France qu'à l'étranger, l'éclosion d'affections contagieuses plus ou moins graves, dont l'origine était due à l'eau des piscines publiques.

L'un de nous (2) a prouvé que les appréhensions du corps médical étaient des plus justifiées et que la balnéation en commun, telle qu'elle est pratiquée en France et à Paris en particulier, devrait être profondément remaniée afin de présenter au public des garanties hygiéniques beaucoup plus sérieuses.

Cette année, du fait des conditions atmosphériques un peu exceptionnelles, il est vrai, nous avons constaté que l'insalubrité de certaines piscines publiques était devenue un véritable danger public.

On connaît ces établissements où des centaines de personnes viennent se baigner dans quelques centaines de mètres cubes d'eau de Seine ou de Marne, lesquelles sont théoriquement renouvelées tous les 8 jours.

Certains de ces établissements reçoivent journellement de 12 à 1400 personnes qui s'ébattent dans 700$^{m^3}$ d'eau.

Il n'existe aucun contrôle contrairement à ce qui se passe dans les établissements similaires à l'étranger.

On peut pénétrer dans nos piscines sans passer obligatoirement par la douche et sans avoir subi le moindre examen médical.

On conçoit, dans ces conditions, que de pareilles piscines deviennent très rapidement un milieu des plus favorables au développement de maladies

(1) Séance du 27 août 1928.

(2) Bordas, *Étude sur les piscines publiques* (*Annales d'hygiène publique industrielle et sociale*, n° 6, 1924, p. 321).

contagieuses (affections gastro-intestinales, conjonctivites plus ou moins graves (trachomes) et inflammations des fosses nasales, de la gorge, etc.

Il est assez difficile de faire comprendre par la simple lecture de bulletins analytiques que l'eau de pareils établissements n'offre plus les caractères de propreté désirables.

Les analyses chimiques et bactériologiques demandent beaucoup de temps et les résultats obtenus ne sont pas toujours compréhensibles pour les non-initiés.

Nous avons songé à obvier à ce grave inconvénient en appliquant à l'eau un procédé que l'un de nous (¹) avait imaginé pour déterminer les souillures accidentelles contenues dans le lait.

La méthode consiste à filtrer sous pression plusieurs litres (5 litres) de liquide sur des disques de flanelle blanche : toutes les matières en suspension sont retenues à la surface et l'on peut ainsi évaluer la quantité de ces matières étrangères et en faire l'examen microscopique, etc.

On peut donc connaître en quelques minutes le degré de souillure de l'eau et prendre les mesures nécessaires pour faire cesser la pollution : filtration, stérilisation par le chlore, etc.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Sur les propriétés de la toxine streptococcique-scarlatineuse purifiée.* Note (²) de MM. **Et. Burnet** et **J. Bance**, présentée par M. Roux.

G. F. et G. H. Dick conçoivent l'étiologie de la scarlatine comme un décalque de l'étiologie de la diphtérie. De l'une à l'autre infection, toxine, antitoxine, anatoxine, traitement et prophylaxie, se correspondent exactement. La réaction de Dick est la réplique de la réaction de Schick.

Cette conception est très discutée. La spécificité du streptocoque scarlatineux est mise en doute, entre autres par Zlatogoroff. D'après de nombreux observateurs, la réalisation de Dick elle-même ne serait ni régulière ni strictement spécifique.

La toxine scarlatineuse est encore mal connue. Rien ne le montre mieux que les essais qu'on a faits sur diverses espèces animales. D'après Sacquépée, Lesbre et Bouet, le cheval neuf donne la réaction de Dick, et les chevaux

(¹) Bordas, *Les souillures du lait* (*Comptes rendus*, 169, 1919, p. 1182).

(²) Séance du 3 septembre 1928.

immunisés par des injections de toxine ne réagissent plus. Nos expériences (1) nous ont obligés à faire des réserves sur les conclusions de ces auteurs. Tout se passe comme si le cheval, qui est sensible aux protéines les plus diverses, réagissait aux protéines des cultures de streptocoques plutôt qu'à la toxine de Dick.

Une étude précise de la « toxine scarlatineuse » exige une toxine purifiée, dégagée des protéines qui l'accompagnent dans le filtrat et dans les inoculations. Puisque les Dick ont poussé si loin les analogies entre diphtérie et scarlatine, il faut les pousser plus loin encore et mettre en parallèle la toxine diphtérique purifiée et la toxine streptococcique-scarlatineuse purifiée. En un mot, une bonne purification servira de test pour la détermination des propriétés de la toxine.

C'est ce que nous avons cherché, en employant la méthode de purification élaborée par G. Abt (2) pour la toxine diphtérique. Cette méthode a pour principe la propriété que possède la toxine diphtérique d'être absorbée par les précipités de phosphate dicalcique ou tricalcique à l'état naissant. On utilise cette propriété pour la séparer des protéines étrangères au milieu de culture, en remettant le précipité en solution à l'aide du citrate de soude et de l'acide citrique. Nous avons appliqué rigoureusement la technique de Abt, avec opérations aseptiques.

Nous avons provoqué la réaction de Dick, sur le cheval et sur l'homme, avec la toxine purifiée, en employant comme témoins :

1° La toxine originale; 2° la toxine non purifiée, mais dialysée sur collodion pendant 8 heures, puis refiltrée, dans les mêmes conditions que la toxine purifiée. Nous avons employé comparativement, pour la dialyse, du collodion mou (à 2 pour 100) et du collodion dur (à 5 pour 100); 3° la toxine chauffée une heure à 105°.

Les résultats n'ont pas été les mêmes chez l'homme et chez le cheval.

	Cheval.	Homme (enfant).
Toxine originale	+	+
Tox. purifiée, dial. sac mou, refiltrée	très affaiblie	o
Tox. pur., dial. sac dur, et refilt.	très affaiblie	o
Tox. non pur., dial. sac. mou, refilt.	+	+
Tox. non pur., dial. sac dur, refilt.	+	+
Tox. chauffée 1 heure à 105°	+	o

(1) *Archives de l'Institut Pasteur de Tunis*, 16, III, 1927, p. 233.
(2) Mémoire encore inédit.

Chez le cheval, la toxine purifiée a perdu la plus grande partie de son activité. La dialyse, par elle seule, n'a pas rendu la toxine inactive. Le cheval a réagi aussi fortement à la toxine chauffée qu'à la toxine non chauffée.

Chez l'enfant, la toxine purifiée a perdu toute son activité. La dyalise seule ne l'a pas rendue inactive. L'enfant n'a pas réagi à la toxine chauffée.

La purification soustrait à la toxine des protéines actives pour le cheval. Elle soustrait, en plus, l'élément qui cause chez l'enfant la réaction de Dick.

La toxine de Dick est entraînée par les précipités phosphatiques; mais, lorsqu'on a remis le précipité en suspension, on ne la retrouve pas. Ou bien la dialyse de 8 heures (faite après les précipitations), qui ne soustrait pas la toxine diphtérique, soustrait la toxine de Dick, et il faudrait dans le cas de cette toxine une dialyse plus courte. Ou bien la toxine de Dick suit jusqu'au bout les protéines et ne s'en laisse pas séparer. Dans les deux hypothèses, elle ne possède pas les mêmes propriétés physico-chimiques que la toxine diphtérique.

On peut tirer de ces expériences deux conclusions :

1° La réaction n'est pas de la même nature chez le cheval et chez l'homme.

Des expériences nous ayant montré que le cheval immunisé réagit encore, il s'ensuit que la réaction de Dick proprement dite existe chez l'homme et n'existe pas chez le cheval.

2° La toxine scarlatineuse ne se comporte pas, à travers les opérations de la méthode de Abt, de la même manière que la toxine diphtérique.

Il y a lieu de pousser plus loin l'étude parallèle des deux toxines. Les faits acquis suffisent à établir qu'on ne peut se contenter de concevoir sommairement, sans plus ample informé, la toxine streptococcique-scarlatineuse comme l'analogue de la toxine diphtérique, ni l'étiologie de la scarlatine comme le décalque exact de l'étiologie de la diphtérie.

La séance est levée à $15^h 15^m$.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 17 SEPTEMBRE 1928.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE HAMY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

LITHOLOGIE. — *Sur la genèse de la jadéite de Birmanie.* Note (¹) de M. A. LACROIX.

Au cours d'un voyage en Extrême-Orient, j'ai fait des excursions minéralogiques chez les lapidaires et les marchands de jade de plusieurs villes de Chine (Kalgan, Péking, Tien-Sin, Shanghaï, Hong-Kong, Canton, Yunnanfou) afin de compléter ma documentation sur la jadéite.

Il résulte de l'examen des matériaux ainsi réunis et des renseignements recueillis sur leur origine, qu'il y a identité minéralogique entre les jadéites travaillées dans les villes précitées et que toutes proviennent des mêmes gisements, de la Haute Birmanie. Noetling et plus récemment M. A. W. G. Bleeck ont décrit ces gisements, se trouvant non loin de la frontière occidentale du Yunnan, dans les Kachin Hills, en place à Tawmaw, et en blocs roulés dans les conglomérats miocènes de Hwika et de Mamon, ainsi que dans les alluvions formées à leurs dépens.

Laissant de côté les descriptions minéralogiques détaillées, je me propose de présenter une hypothèse sur la genèse de la jadéite, ou plus exactement de la *jadéitite*, roche que ce minéral constitue essentiellement.

D'après M. Bleeck, la région comprise entre la rivière Indaw et le bassin de l'Uru renferme du granite, des schistes cristallins (chloritoschistes, schistes à glaucophane résultant de la transformation de gabbros, etc.) et une serpentine riche en chromite, sur quoi s'appuient des grès et des conglomérats miocènes; enfin il faut signaler

---

(¹) Séance du 10 septembre 1928.

quelques roches basaltiques et, dans le granite, des lambeaux de calcaire; ce granite est plus récent que la serpentine.

La jadéite se trouve sur le plateau de Tawmaw, dans un dyke traversant la serpentine. Ce dyke est très hétérogène. Sa partie centrale est constituée par la jadéite (*a*), seule exploitée, symétriquement bordée par une roche de même aspect, mais moins dense, et où l'albite est d'abord associée à la jadéite, puis existe seule (*b*). Ces roches à albite renferment parfois une amphibole sodique du côté de la jadéite et, du côté opposé, de l'actinote, puis vient une *amphibolite* d'un vert foncé (*c*), dans quoi l'albitite envoie des apophyses; cette roche constitue le mur du dyke en contact avec la serpentine, alors qu'au toit, elle en est séparée par une roche chloriteuse (chlorite, biotite, chloritoïde, actinote, clinozoïsite) (*d*).

Je n'ai pu étudier que les roches des zones *a* et *c*. Sur la *jadéitite* (*a*), tantôt grenue, tantôt formée par de longs prismes de jadéite, j'ai peu à ajouter. Mes échantillons sont soit d'un blanc de lait, homogènes, soit tachetés de vert émeraude ou de vert poireau. J'ai cependant trouvé à Yunnanfou des bracelets faits d'une variété d'un beau bleu lavande que je n'ai vu nulle part ailleurs. Un des blocs roulés d'alluvions, donné en 1869 au Muséum par Halphen, renferme de grandes plages bronzées de cette amphibole que Krenner a appelée *szechényite* (analyse 8). D'autres échantillons de Tawmaw sont riches en amphibole aciculaire de couleur vert pâle, ressemblant bien à l'actinote, mais ayant sensiblement la même composition (analyse 9) que la szechényite. Max Bauer m'a donné jadis un morceau de la jadéite tachetée de vert où il a observé des veinules de néphéline : je considère que cette néphéline n'est pas le reliquat d'un état antérieur, car on peut démontrer qu'elle s'est formée par destruction sur place de prismes de jadéite (analyse 5).

L'*amphibolite* (*c*) se présente sous deux aspects, l'un lamelleux, l'autre nématoblastique; elle englobe de gros nodules et de petits grains de tawmawite, d'un vert émeraude foncé ([1]), renfermant fréquemment des grains de chromite (analyse 7). Beaucoup de ces roches sont déformées par actions dynamiques.

L'origine de la jadéite proprement dite a fait l'objet de nombreuses discussions. Rosenbusch, puis Pirsson et Iddings partant de ce principe que ce minéral (analyse 4) est dû à la condensation d'une molécule d'albite et d'une molécule de néphéline, avec une forte contraction

$$2\,NaAlSi^2O^6 = NaAlSi^3O^8 + NaAlSiO^4.$$

([1]) Ce minéral est taillé en Chine et vendu sous le nom de jade vert.

l'ont considéré comme formant une roche métamorphique, dérivée d'une syénite néphélinique hololeucocrate très sodique; cette opinion a été généralement admise et, dans sa classification, Grubenmann a inscrit la jadéitite comme la forme profonde de schistes cristallins dont la forme moyenne serait un gneiss néphélinique. M. Bleeck a accepté cette théorie; mais avec une variante; il regarde le dyke comme rempli par une syénite néphélinique, plus tard métamorphisée *exomorphiquement* sous l'action du granite s'exerçant à haute pression consécutive à des actions tectoniques.

Toutes ces théories sont basées sur la considération de la jadéitite seule; j'estime que la discussion doit porter sur l'ensemble des roches du dyke, car elles présentent entre elles de remarquables analogies chimiques, que mettent en évidence les quelques analyses, nouvelles ou anciennes, réunies dans le tableau ci-dessous.

1. Albitite,	Zone *a*.	I.5.1.4'	M. N.-W. Foote.
2. Jadéitite albitique,	»	I.(5).6.1.5	»
3. Jadéitite,	»	I.6.1.4'	»
4. Jadéite,	»	I.6(7).1.5	Composition théorique.
5. Jadéitite à néphéline,	»	I.6'.2'.5	M. Raoult.
6. Jadéitite amphibolique,	Bord de la zone *a*.	II(III).6.1.5[1(2)3.2.1']	»
7. Amphibolite à tawmawite,	Zone *c*.	IV[5.1.4][1.1.1'.(4)5]	»
8. Szechényite lamellaire,	Zone *a*.		M. Krenner.
9. » aciculaire,	»		M. Orcel.
10. Tawmawite,	Zone *c*.		M. Bleeck.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
SiO^2	67,10	63,47	58,48	59,4	51,10	55,62	56,14	55,02	58,65	37,92
Al^2O^3	20,42	20,76	23,57	25,2	27,55	13,91	4,06	4,53	5,99	12,83
Fe^2O^3	0,23	1,27	1,68	»	0,23	1,66	1,43	1,04	2,37	9,93
FeO	»	»	»	»	1,28	2,00	4,11	3,28	1,34	»
MgO	»	1,11	1,33	»	1,10	11,27	18,67	20,36	18,56	»
CaO	»	1,16	1,62	»	2,32	4,54	2,88	8,00	1,40	25,35
Na^2O	8,93	11,98	10,33	15,4	12,86	8,72	7,86	6,71	9,30	»
K^2O	3,20	0,34	3,09	»	1,22	0,42	0,92	1,52	1,10	»
TiO^2	»	»	»	»	tr.	0,09	tr.	»	»	»
P^2O^5	»	»	»	»	0,04	tr.	tr.	»	»	»
H^2O (+)....	»	0,36	0,16	»	1,49	0,98	1,68	0,51	2,20	2,36
» (—)....	»	»	»	»	0,49	0,36	0,33	»	»	»
MnO	»	»	»	»	0,08	0,08	0,14	»	»	»
Cr^2O^3	»	»	»	»	tr.	0,08	1,56	»	»	11,61
	99,88	100,45	100,26	100,0	99,72	99,73	99,78	100,97	100,09	99,5
Né	»	12,8	22,0	35,2	40,7	13,8	»			
Al^2O^3 libre.	2,2	»	»	»	1,0	»	»			
SiO^2 libre..	2,9	»	»	»	»	0,3				

Les minéraux et les roches associés à la jadéitite en diffèrent essentiellement par une teneur moindre en alumine et une grande richesse en magnésie, mais elles ont aussi une teneur exceptionnelle en soude; on constate parfois la présence du chrome existant en quantité considérable dans la tawmawite, silicate alumineux et calcique (analyse 10); la parenté de ces roches ne fait pas de doute.

Tout d'abord, remarquons que tous les magmas néphéliniques leucocrates connus sont dépourvus de chrome et extrêmement pauvres en magnésie. Il faut donc rejeter toute hypothèse faisant naître ces roches à amphibole d'une différenciation normale d'un magma néphélinique.

D'autre part, la magnésie, le fer, le chrome, sont parmi les éléments essentiels de la serpentine qui est généralement un peu calcique. Aussi n'est-il pas possible d'échapper à la conviction que c'est elle qui les a fournis.

Il faut donc penser à une action de métamorphisme *endomorphe* subi par le magma qui a rempli le dyke. Mais quel était ce magma ? Il est impossible de supposer qu'un magma néphélinique, déjà déficitaire en silice, ait pu dissoudre une péridotite et fournir la silice nécessaire à la formation des amphiboles, d'autant plus que celles-ci ont sensiblement la même teneur en silice que la jadéite elle-même.

La présence du massif granitique de l'Indaw, très rapproché de Tawmaw, met sur la voie de l'interprétation à trouver. La structure du dyke rappelle d'une façon frappante celle qui est caractéristique des gisements de corindon de l'Afrique australe; ceux-ci, en effet, se trouvent toujours au milieu de péridotites (serpentines) ou de pyroxénites et il paraît bien démontré qu'ils résultent de la modification de pegmatites granitiques sous l'influence de la roche magnésienne. Au contact de celle-ci, la pegmatite perd toujours ses caractères essentiels, son quartz disparaît, des proportions croissantes de plagioclases riches en soude et de corindon sont constatées (*plumasite*), puis les plagioclases sont remplacés à leur tour par la margarite qui, avec le corindon, constitue la roche appelée *marundite*. Le magma granitique a été désilicé et a perdu en même temps ses alcalis. Ceux-ci et la silice se sont fixés sur la serpentine pour constituer une zone de passage faite de phlogopite, de chlorite et de talc.

A Tawmaw, le phénomène a été évidemment plus complexe, car la désilication a été accompagnée par l'endomorphisme du magma granitique. Je laisse de côté la zone chloriteuse de M. Bleeck qui doit sans doute être interprétée comme celle de l'Afrique du Sud; l'amphibolite résulte de la

modification du magma granitique par dissolution de la péridotite qui a fourni la magnésie, le fer, la chaux et le chrome, alors que le magma apportait un complément de silice, l'alumine et les alcalis. Les variations de composition chimique et minéralogique de la partie centrale non contaminée du dyke sont dues à des degrés dans l'appauvrissement progressif en silice de la partie du magma déjà privée de sa silice libre.

On voit que dans cette hypothèse la désilication a été poussée moins loin que dans les gisements africains puisqu'elle n'a pas été jusqu'à la libération de l'alumine, ce qui a permis la rétention des alcalis dans la jadéite et l'albite. Cette partie centrale du dyke n'a pas du reste toujours échappé complètement à la contamination, puisque la jadéite et l'albitite renferment parfois de l'amphibole sodomagnésienne, et que la teinte d'un vert émeraude localement présentée par la jadéite elle-même résulte de la dissolution de chromite dont on retrouve çà et là des traces non résorbées.

Reste maintenant à expliquer pourquoi cette désilication a donné naissance à la jadéite et non pas à un mélange d'albite et de néphéline; peut-être est-il possible de supposer que cette composition anormale est originelle, le phénomène décrit plus haut s'étant produit sous forte pression, mais c'est là un autre côté de la question que je ne me propose pas de discuter pour l'instant.

ASTRONOMIE. — *L'observatoire de Delambre, à la rue de Paradis.* Note (¹) de M. **Bigourdan.**

Cet observatoire, qui n'a pas été décrit, est connu par les observations qu'y fit Delambre en 1798 et 1799 pour déterminer la latitude de Paris; cette latitude devait servir au calcul de la Méridienne de France, en vue de l'établissement du nouveau système métrique des poids et mesures; voir *Base du système métrique*, t. II, p. 296-420.

Delambre (²) dit, sous la date 1795-1796 (*Base*, II, 296) :

Cet observatoire est situé rue de Paradis, au Marais, maison de Mme d'Assy, ci-devant nº 1, et maintenant nº 16, la seconde porte à gauche en entrant par la rue du Chaume, et tout à côté de l'hôtel Soubise.

(¹) Séance du 20 août 1928

(²) Depuis le mois de septembre 1787 il avait fait transporter ses instruments de la rue Sainte-Avoye à la rue de Paradis, dans un local provisoire où il observa pendant une année à peu près.

Et dans le premier registre de ses observations (¹), à la date du 7 octobre 1788, en renvoyant à un croquis reproduit par notre figure 1 :

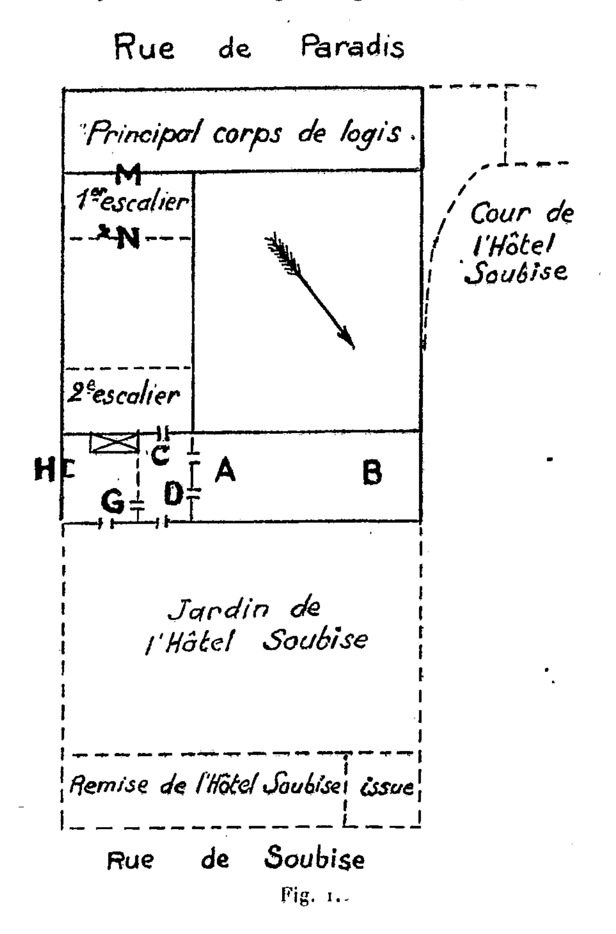


Fig. 1.

P. 173. — La maison (²) de la rue de Paradis (³), nº 1, nouvellement acquise (⁴) par M. Geoffroy D'Assy, est contiguë à l'hôtel Soubise [aujourd'hui les Archives

(¹) Voir, sur les registres d'observations de Delambre, p. 401-402.

(²) Cette maison existe encore et, semble-t-il, telle à peu près que du temps de Delambre; aujourd'hui elle est incorporée aux Archives nationales. L'observatoire, dont les murs extérieurs ont été conservés, a été transformé en logement. Voir Ch. V. Langlois, *Les Hôtels de Clisson et Rohan-Soubise...*, p. 292-301.

(³) Cette rue de Paradis s'est comme fondue dans la rue des Francs-Bourgeois dont elle était alors le prolongement; elle réunissait la rue Vieille-du-Temple à la rue du Chaume.

(⁴) Les documents du XVIIIe siècle, résumés dans le *Terrier du Temple*, vers 1780 (*Archives nat.*, S* 5638, fº 32), indiquent comme propriétaire, ou au moins comme voisin contigu, à l'Est, le Tonnelier de Breteuil.

nationales] par lequel elle est bornée au Nord-Ouest, au Nord et au Nord-Est. C'est après l'hôtel Soubise la première maison que l'on trouve à gauche en entrant dans la rue de Paradis par la rue du Chaume [aujourd'hui rue des Archives]. La maison est solidement bâtie en pierres de taille; elle est composée d'un corps de logis sur la rue, élevé de deux étages et une mansarde, d'une aile également élevée et d'un second corps de logis AB qui n'a qu'un étage couvert d'une terrasse. Je loge au second, par le second escalier; mon antichambre CD a deux fenêtres C et D [donnant] sur la terrasse du second corps de logis et une troisième E sur le jardin. J'entre dans mon cabinet par la porte G; il est éclairé d'une fenêtre F sur le jardin; la cheminée est en H et j'ai placé un lit dans une petite alcôve en attendant que je puisse occuper la chambre de l'observatoire.

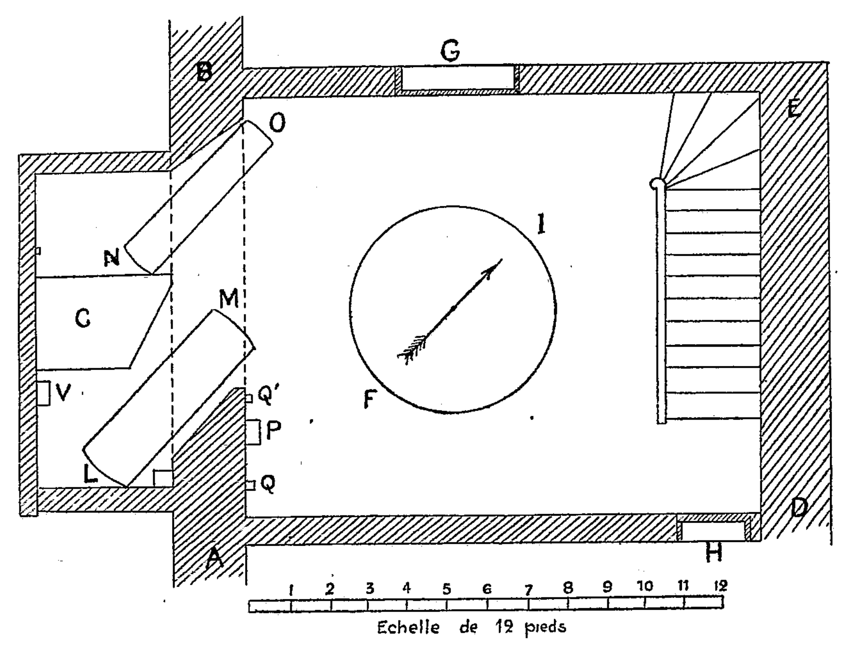


Fig. 2.

AB, DE, gros murs en pierre de taille portant l'observatoire; — C, mur de refend; — AD, BE, pans de bois revêtus de plâtre; — G, fenêtre qui a vue sur la grande cour de l'hôtel Soubise; — H, petite fenêtre éclairant l'escalier montant de la chambre à l'observatoire; — FI, toit tournant de 5 pieds de diamètre; — LM, toit de la lunette méridienne; — NO, toit du quart de C; — P, pendule de Lepaute; — V, pendule Voisin; — Q, compteur (j'ai depuis transporté le compteur en Q'). A la fin de 1791, j'ai supprimé la pendule V que j'ai remplacée par une autre pendule de Lepaute à verge de compensation et pyromètre.

Description de l'observatoire.

L'observatoire est construit au-dessus du premier escalier dont il n'occupe cependant pas toute la largeur. Les deux murs M et N (*fig.* 1) de l'escalier sont en pierre jusqu'à la mansarde; le reste est en plâtre mais fort solide comme je l'ai reconnu par ce que j'en ai fait démolir pour bâtir l'observatoire.

Le nombre de marches pour arriver à l'observatoire est de 106, dont 93 jusqu'à la chambre à coucher; il y a encore 11 marches pour monter sur la terrasse.

Et après avoir donné de son observatoire un plan assez grossier reproduit par la figure 2, il ajoute, le jeudi 9 octobre suivant :

La lunette [méridienne] donne donc midi 18",6 trop tôt. J'ai posé ma lunette méridienne sur son pied de bois et je l'ai dirigée à peu près vers le midi pour connaître l'endroit où il faudra attacher les supports de la nouvelle lunette méridienne que je fais faire par le sieur Le Noir.

Cette lunette méridienne de Lenoir devait avoir un objectif de Putois, car aux dates du 23 mars et du 20 avril 1793, Delambre écrit :

L'objectif de ma lunette méridienne, composé de deux verres collés à la manière de Grateloup, s'était tellement décollé pendant mon voyage que je voyais double image des objets.

Le 20 avril, après l'observation du soleil je l'ai remis à Le Noir qui le remettra à Putois pour le raccommoder.

Je mets un objectif de Dollond à ma lunette méridienne en attendant que l'autre soit réparé.

A propos de la même lunette méridienne [1] Delambre écrit (*Base*, II, 105, 110) :

A Paris, j'avais, pour régler ma pendule, ma lunette méridienne. J'observois chaque jour, outre le soleil, un assez grand nombre d'étoiles. Le soleil doit donner la correction pour les observations azimutales; les étoiles doivent prouver que la lunette tournoit bien dans le méridien et donnoit par conséquent le midi juste.

La différence de la correction entre le soleil et les étoiles peut tenir à l'erreur des Tables solaires, d'après lesquelles l'ascension droite de la *Connaissance des Temps* de cette année a été calculée; elle pourroit encore venir en partie d'une petite inégalité dans la pendule en huit ou dix heures de temps, intervalle entre les diverses observations.

Le 10 vendémiaire an 8 [1799 oct. 2] on remarque entre le soleil et les étoiles une différence de 2" que je ne sais à quoi attribuer, les étoiles n'indiquant pas de déviation dans la lunette, et le lendemain au jour on l'a en effet trouvée bien exactement sur la marque méridienne. Le 12, le soleil s'est rapproché des étoiles, dont il ne diffère plus que de deux tiers de seconde qui viennent peut-être des étoiles....

Les hauteurs absolues ne fournissent donc aucun motif de croire que la lunette ne fût pas exactement dans le méridien....

Par la figure 2 on voit que son observatoire avait un toit tournant de

---

(1) Cette lunette paraît être celle conservée aujourd'hui à l'Observatoire de Paris qui la reçut de Mme Laugier, la fille de L. Mathieu, beau-frère de François Arago. Voir Mouchez, *Rapport annuel sur l'état de l'Observatoire de Paris pour* 1880, p. 19.

5 pieds de diamètre, indiqué ailleurs (*Base* I_2, 105, 108, 111, 114) comme étant en cône tronqué. L'observatoire avait des places appropriées pour une lunette méridienne et un quart de cercle mobile.

D'après Delambre, cet observatoire était assez solide; toutefois, il se plaint des trépidations produites par le va-et-vient de la rue : on verra plus loin comment variait l'orientation de sa lunette méridienne.

Parfois il se plaçait, pour observer, sur une terrasse qui recouvrait le bâtiment élevé d'un seul étage.

Mires. — Sur des maisons ou des toits éloignés, Delambre avait cherché des « marques », ou mires méridiennes, qui lui servaient de repère pour remettre sa lunette dans le méridien, supposé préalablement connu. Ces marques avaient le grave inconvénient, alors général, de ne pouvoir facilement être éclairées la nuit; parfois elles étaient masquées par le brouillard, couvertes par la neige, etc. Elles lui servaient à s'assurer que la collimation de l'axe optique était nulle.

Pour cette collimation aussi, il employait encore le moyen suivant, que l'on ne recommanderait peut-être plus aujourd'hui : il observait les passages du *premier* bord du soleil, puis, retournant l'axe de rotation bout pour bout, il observait de même le *second* bord; du diamètre solaire ainsi obtenu, par différence des passages, comparé à celui des jours voisins obtenus sans retournement, lui donnait la collimation (voir Reg. IV).

NOMINATIONS.

M. **Georges Claude** est désigné pour représenter l'Académie à la *Second International Conference on Bituminous Coal*, qui sera tenue à Pittsburg sous les auspices du Carnegie Institute of technology du 19 au 24 novembre 1928.

PLIS CACHETÉS.

M. **Henri Lalande** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 10 septembre 1928 et inscrit sous le n° 10039.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note intitulée *La nutrition cellulaire illimitée, cause efficiente du cancer.*

(Renvoi à l'examen de M. Quénu.)

CORRESPONDANCE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une méthode de résolution du problème de Dirichlet pour les équations linéaires.* Note de M. **Georges Giraud.**

X étant un point d'un espace à un nombre quelconque de dimensions, nous dirons qu'une fonction $\varphi(X)$ est continue (L) (d'exposant h et de coefficient k) si elle satisfait à une condition de Lipschitz généralisée

$$|\varphi(X)-\varphi(Y)|<k\,r^h \qquad (k>0,\ 0<h\leqq 1),$$

r étant la distance des points X et Y.

Considérons l'équation

$$(1)\qquad \left\{\begin{array}{l}\mathcal{F}(u)=\Sigma_{\alpha,\beta}\,a_{\alpha,\beta}\dfrac{\partial^2 u}{\partial x_\alpha\,\partial x_\beta}+\Sigma_\alpha b_\alpha\dfrac{\partial u}{\partial x_\alpha}+cu=f(X)\\ \qquad (\alpha,\beta=1,2,\ldots,m;\ m\geqq 3;\ a_{\alpha,\beta}=a_{\beta,\alpha}),\end{array}\right.$$

où les $a_{\alpha,\beta}$ sont, dans un domaine borné D_1, des fonctions dont les dérivées premières sont continues (L); $f(X)$ est continu (L) dans D_1 et les dérivées des b_α et de c sont continues; on suppose enfin que cette équation est, dans D_1, du type elliptique.

Soit encore D un domaine ouvert intérieur à D_1, ainsi que sa frontière S. On suppose que les coordonnées des points de S sont des fonctions de $m-1$ paramètres dont les dérivées sont continues (L) et dont les m déterminants fonctionnels ne peuvent s'annuler ensemble. Soit $f_1(Y)$ une fonction continue de ces paramètres. On se propose de trouver une solution de l'équation (1), continue dans D et sur S, à dérivées secondes continues dans D, et se réduisant sur S à $f_1(Y)$.

On peut se ramener au cas particulier où les $a_{\alpha,\beta}$ sont les coefficients d'une forme quadratique positive de discriminant *un*. Soit $A_{\alpha,\beta}$ le mineur de $a_{\alpha,\beta}$ dans ce discriminant. Posons

$$H(X,A)=\Sigma_{\alpha,\beta}A_{\alpha,\beta}(A)(x_\alpha-a_\alpha)(x_\beta-a_\beta),\qquad K(X,A)=\mathcal{F}\left[H^{\frac{2-m}{2}}(X,A)\right];$$

nous nommerons $K_p(X,A)$ les fonctions provenant de la réitération (au sens usité dans la théorie de l'équation de Fredholm) de K dans D_1, et nous

poserons

$$H(X, A; p) = H^{\frac{2-m}{2}}(X, A) + \sum_{n=1}^{p} \lambda^n \int_{D_1}^{(m)} H^{\frac{2-m}{2}}(X, C) K_n(C, A)\, d(c_1, \ldots, c_m)$$

$$\left[\lambda = \frac{\Gamma\left(\frac{m}{2} - 1\right)}{4\pi^{\frac{m}{2}}}\right].$$

Nous chercherons une solution de la question posée qui soit du type

$$(2) \quad u(X) = -\lambda \int_{D}^{(m)} \rho(A) H^{\frac{2-m}{2}}(X, A)\, d(a_1, \ldots, a_m)$$
$$- 2\lambda \int_{S}^{(m-1)} \sigma(A) \Sigma_{\alpha,\beta}(-1)^{(m-1)(\alpha-1)} a_{\alpha,\beta}(A) \frac{\partial H(X, A; p)}{\partial a_\beta} d(a_{\alpha+1}, \ldots, a_{\alpha-1})$$
$$(p \geqq 2),$$

où ρ et σ sont des fonctions inconnues, la première dépendant des coordonnées des points de D, la seconde des paramètres des points de S (l'intégrale d'ordre m peut aussi être étendue à un domaine fermé débordant D mais intérieur à D_1). En supposant ρ continu (L) et σ continu, l'équation (1) se traduit par

$$(3) \quad \rho(X) - \lambda \int_{D}^{(m)} \rho(A) K(X, A)\, d(a_1, \ldots, a_m)$$
$$- 2\lambda^{p+1} \int_{S}^{(m-1)} \sigma(A) \Sigma_{\alpha,\beta}(-1)^{(m-1)(\alpha-1)} a_{\alpha,\beta}(A) \frac{\partial K_{p+1}(X, A)}{\partial a_\beta} d(a_{\alpha+1}, \ldots, a_{\alpha-1}) = f(X),$$

et la condition sur S par

$$(4) \quad \sigma(Y) - \lambda \int_{D}^{(m)} \rho(A) H^{\frac{2-m}{2}}(Y, A)\, d(a_1, \ldots, a_m)$$
$$- 2\lambda \int_{S}^{(m-1)} \sigma(A) \Sigma_{\alpha,\beta}(-1)^{(m-1)(\alpha-1)} a_{\alpha,\beta}(A) \frac{\partial H(Y, A; p)}{\partial a_\beta} d(a_{\alpha+1}, \ldots, a_{\alpha-1}) = f_1(Y).$$

Or la théorie de Fredholm s'applique au système des équations (3) et (4). En effet, si l'on remplace mentalement σ par une fonction dépendant d'une variable de plus, les intégrations correspondantes étant faites de *zéro* à *un*, on voit que trois termes sur quatre de l'équation remplaçant (4) ne dépendent pas de cette variable; le quatrième, σ, n'en dépend donc pas non plus, ce qui ramène au système écrit. D'autre part, quoique les singularités du noyau ne soient pas, dans cette interprétation, du type ordinaire, le procédé classique de la réitération (appliqué m fois) donne un noyau continu.

Le déterminant pourra n'être pas nul, et il ne le sera certainement pas si les $a_{\alpha,\beta}$ sont constants, les b_α et c étant nuls, ni si D est assez petit dans toutes ses dimensions. Alors les fonctions ρ et σ existeront et seront continues; ce fait entraîne que les quatre intégrales figurant dans le système sont continues (L); donc, d'après (3), il en est de même pour ρ, et par suite u est bien une solution du problème.

Les hypothèses faites sont nécessaires pour que les calculs aient un sens [1]; mais un changement d'inconnue et de variables permet d'étendre le résultat au cas où les b_α et c seraient seulement continus (L).

Si en outre les dérivées secondes des $a_{\alpha,\beta}$ et les dérivées des b_α sont continues (L), et si les dérivées secondes des coordonnées des points de S et les dérivées de $f_1(Y)$ sont continues (L), les dérivées de u sont continues (L) dans D et sur S.

Si en outre les dérivées troisièmes des $a_{\alpha,\beta}$, les dérivées secondes des b_α et les dérivées de c sont continues (L), et si les dérivées troisièmes des coordonnées des points de S sont continues (L) et si les dérivées secondes de $f_1(Y)$ continues, les dérivées secondes de u sont continues dans D et sur S; si les dérivées secondes de $f_1(Y)$ sont continues (L), il en est de même de celles de u.

Ces résultats trouvent leur application dans l'étude du problème de Dirichlet pour les équations non linéaires et non analytiques.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'approximation des fonctions continues à l'aide des polynomes ou des sommes trigonométriques limitées.* Note [2] de M. **J. Chokhate**, transmise par M. Paul Appell.

Soient données dans un intervalle fini (a, b) une fonction $p(x)$ non négative et intégrable avec $\int_a^b p(x)\,dx > 0$, et une fonction bornée $f(x)$ telle que l'intégrale $\int_a^b p(x)|f(x)|^m\,dx$ $(m \geqq 1)$ existe. On établit alors l'exis-

[1] C'est par erreur que, dans un passage analogue d'un Mémoire *Sur le problème de Dirichlet généralisé* (*Annales scientifiques de l'École Normale supérieure*, 43, 1926, p. 1-28; passage cité, p. 56), j'ai supposé seulement la continuité des dérivées premières des $a_{\alpha,\beta}$. En conséquence (p. 110 du Mémoire), les dérivées troisièmes de la solution doivent être continues (L) pour que le théorème sur la dérivabilité indéfinie soit applicable (sauf simplifications dans certains cas).

[2] Séance du 10 septembre 1928.

tence, parmi tous les polynomes de degrés $\leqq n$, d'un polynome $P_{mn}(x)$ (unique pour $m > 1$) qui rend minima l'intégrale

$$\int_a^b p(x)|f(x) - P_{mn}(x)|^m\,dx.$$

Proposons-nous de trouver la relation entre $P_{mn}(x)$ et $f(x)$ dans tous les cas possibles; m fixe, $n \to \infty$; n fixe, $m \to \infty$; $m, n \to \infty$, en supposant $f(x)$ *continue dans* (a, b) avec le module de continuité $\omega(\delta)$.

Envisageons la suite orthogonale et normale de polynomes de Tchebycheff $\{\varphi_r(x)\}$ correspondant dans (a, b) à la « fonction caractéristique » $p(x)$, et soit $E_n(f)$ la « meilleure approximation » de $f(x)$ dans (a, b) (au sens de Tchebycheff) à l'aide des polynomes de degré $\leqq n$. On a

$$(1)\qquad |f(x) - P_{mn}(x)| \leqq E_n(f)\left\{1 + 2\left[\int_a^b p(x)\,dx\right]^{\frac{1}{2M}}\left[\sum_{i=0}^{nM}\varphi_i^2(x)\right]^{\frac{1}{2M}}\right\},$$

$$(2)\qquad |f(x) - P_{mn}(x)| \leqq \left\{\omega(\delta) + \frac{p^{\frac{m-1}{m}}}{p_0}E_n(f)\,\delta^{-\frac{1}{m}} + \frac{\delta n^2 F}{d-c}\right\} : \left(1 - \frac{\delta n^2}{d-c}\right).$$

La formule (1) est valable, pour $m \geqq 2$, quel que soit x, $2M$ désignant le plus grand entier pair contenu dans m. La formule (2) est valable dans chaque intervalle (c, d) ne sortant pas de (a, b) où

$$p \geqq p(x) \geqq p_0,$$

F désignant $\max|f(x)|$ dans (c, d), la constante positive δ étant telle que

$$c \leqq x < x + \delta \leqq d, \qquad \frac{\delta n^2}{d-c} < 1.$$

Chacune des formules (1, 2) permet de traiter les trois cas ci-dessus, en supplémentant et généralisant les résultats obtenus antérieurement, d'une voie différente, par MM. G. Pólya, D. Jackson et par l'auteur (¹).

Voilà ce qu'on en tire dans les cas $m, n \to \infty$; $m = 2$, $n \to \infty$:

1° *Étant données une suite d'exposants* $\{m_n\}$ *indéfiniment croissants avec* n,

(¹) G. Polya, *Sur un algorithme, etc.* (*Comptes rendus*, **157**, 1913, p. 840-843). — D. Jackson, *On the convergence of certain trigonometric and polynomial approximation* (*Transactions of the American Mathematical Society*, **22**, 1921, p. 158-166); *Note on the convergence of weighed trigonometric series* (*Bulletin of the American Mathematical Society*, **29**, 1923, p. 259-263). — J. Shohat, *On the polynomial of the best approximation* (*Ibid.*, **31**, 1925, p. 509-514).

tels que $\frac{\log n}{m_n}$ *reste fini, et une fonction caractéristique* $p(x)$, *alors, quelle que soit* $f(x)$ *continue dans l'intervalle fini* (a, b), *le polynome* $P(x)$ *de degré* $\leqq n$ *qui rend minima l'intégrale* $\int_a^b p(x)\,|f(x) - P(x)|^{m_n}\,dx$ *tend, pour n infini, uniformément vers* $f(x)$ *dans chaque intervalle* (c, d) $(a \leqq c < d \leqq b)$ *où* $\sum_{i=0}^{n} \varphi_i^2(x) < \tau n^\sigma$, $\sigma(>0)$, τ *ne dépendant pas de* x, *ni de* n. *Dans le cas* $c = a$, $d = b$, *l'approximation fournie par* $P(x)$ *est du même ordre par rapport à* n *(pour* $n \to \infty$*) que la meilleure approximation* $E_n(f)$.

Il suffit donc de prendre $m_n = 2n$, $p(x) = (x-a)^{\alpha-1}(b-x)^{\beta-1}$ $(\alpha, \beta > 0)$, ou, plus simplement, $p(x) = 1$, pour obtenir une suite de polynomes jouissant de la propriété énoncée dans (a, b) et définis suivant une formule simple.

2° *L'énoncé précédent subsiste pour des fonctions satisfaisant dans* (a, b) *une condition quelconque de Lipschitz, quel que soit le mode de croissance de la suite* $\{m_n\}$.

Des résultats analogues subsistent pour des sommes trigonométriques limitées.

3° *La série infinie*

$$\sum_{n=0}^{\infty} A_n \varphi_n(x), \qquad A_n = \int_a^b p(x) f(x) \varphi_n(x)\,dx$$

converge uniformément vers $f(x)$ *dans chaque intervalle* (c, d) $(a \leqq c < d \leqq b)$ *où* $p(x) \geqq p_0 > 0$, *pourvu que* $f(x)$ *admette une dérivée continue dans* (a, b). *Pour que cette convergence uniforme ait lieu dans chaque intervalle intérieur à* (c, d) *il suffit que* $f(x)$ *satisfasse dans* (a, b) *une condition de Lipschitz d'ordre* $> \frac{1}{2}$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE — *Sur la représentation conforme des domaines plans.* Note [1] de M. **D. Menchoff**, transmise par M. Hadamard.

Supposons qu'il existe une correspondance biunivoque, bicontinue et directe entre les points de deux domaines plans D et Ω, situés respectivement dans les plans des variables complexes z et w [2]. Soit $w = f(z)$ la

[1] Séance du 3 septembre 1928.

[2] On dit qu'une correspondance biunivoque et bicontinue entre les points de deux domaines plans D et Ω est *directe*, lorsqu'une courbe de Jordan simple et

fonction continue (non nécessairement monogène) qui effectue cette correspondance. Nous désignerons, dans la suite, les points et leurs affixes par les mêmes lettres.

Prenons un point z à l'intérieur du domaine D et désignons par t un rayon rectiligne issu de ce point et situé dans le même plan que le domaine D. Soit $A(z, h)$ une fonction quelconque de deux variables complexes z et h. Désignons par $\lim\limits_{h \to 0}(t) A(z, h)$ la limite de la quantité $A(z, h)$, lorsque h tend vers zéro de telle façon que le point $z + h$ reste toujours sur le rayon t.

Nous introduirons les trois définitions suivantes :

Définition 1. — τ' et τ'' étant deux rayons rectilignes quelconques, désignons par $(\widehat{\tau', \tau''})$ la valeur géométrique, comprise entre zéro et π, de l'angle formé par ces deux rayons (¹). Nous dirons que le point z_0, intérieur au domaine D *a la propriété* k', lorsqu'on peut trouver trois rayons rectilignes t_1, t_2, t_3 issus du point z_0, situés sur trois droites différentes et vérifiant les conditions suivantes :

a. Les courbes de Jordan J_1, J_2, J_3, images des rayons t_1, t_2, t_3 dans le domaine Ω, possèdent des tangentes déterminées T_i $(i = 1, 2, 3)$, au point w_0 qui correspond au point z_0.

$$b. \quad (\widehat{t_1, t_2}) = (\widehat{T_1, T_2}), \qquad (\widehat{t_1, t_3}) = (\widehat{T_1, T_3}), \qquad (\widehat{t_2, t_3}) = (\widehat{T_2, T_3}),$$

le sens de parcours des angles dans les deux membres de chaque égalité étant d'ailleurs le même (²).

Définition 2. — Nous dirons que le point z_0, intérieur au domaine D, *a la propriété* k'', lorsqu'on peut trouver trois rayons rectilignes t_1, t_2, t_3, issus du point z_0, qui sont situés sur trois droites différentes et pour lesquels les trois limites

$$\lim_{h \to 0}(t_i) \left| \frac{f(z_0 + h) - f(z_0)}{h} \right| \qquad (i = 1, 2, 3)$$

existent et possèdent la même valeur finie.

---

fermée quelconque, située à l'intérieur du domaine D, est parcourue dans le même sens que son image dans le domaine Ω. Une courbe de Jordan J située à l'intérieur du domaine Ω sera dite l'*image* d'une autre courbe I située à l'intérieur du domaine D, lorsque les points de ces deux courbes se correspondent mutuellement.

(¹) On suppose que les rayons τ' et τ'' ne sont pas parallèles.

(²) On suppose toujours que les rayons t_i sont situés dans le même plan que le domaine D.

Définition 3. — Nous dirons que le point z_0, intérieur au domaine D, *a la propriété* k''', lorsqu'on peut trouver deux rayons rectilignes t_1 et t_2, issus du point z_0, qui sont situés sur deux droites différentes et pour lesquels les deux limites

$$\lim_{h \to 0} (t_i) \frac{f(z_0 + h) - f(z_0)}{h} \qquad (i = 1, 2)$$

existent et possèdent la même valeur finie.

Ces définitions posées, on peut démontrer les trois théorèmes suivants :

Théorème I. — *Supposons que les domaines* D, Ω *et la fonction* $f(z)$ *aient la même signification que plus haut. Lorsque chaque point du domaine* D *a la propriété* k', *la fonction* $f(z)$ *est holomorphe à l'intérieur du domaine* D.

Théoreme II. — *Si chaque point du domaine* D *a la propriété* k'', *la fonction* $f(z)$ *est holomorphe à l'intérieur de* D.

Théorème III. — *La fonction* $f(z)$ *est holomorphe à l'intérieur de* D, *lorsque chaque point de ce domaine a la propriété* k'''.

Les théorèmes I, II et III restent vrais, si l'on suppose que l'une des propriétés k', k'' au k''' est vérifiée partout, sauf peut-être aux points d'un ensemble fini ou dénombrable.

Le théorème I est une généralisation d'un théorème démontré par moi (1); le théorème II généralise l'un des théorèmes de M. Harald Bohr (2).

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur les espaces vibrants.*
Note de MM. **M. Winter** et **Paul Lévy**, transmise par M. Hadamard.

L'objet de cette Note est de développer les principes exposés par l'un de nous dans une Note antérieure (3). L'idée fondamentale était la suivante : si l'on cherche, en généralisant les conceptions d'Einstein, une interprétation géométrique du fait que, selon la théorie des quanta et la mécanique ondulatoire, toute forme d'énergie doit être caractérisée par sa fréquence, on est amené à concevoir l'espace-temps, non pas comme possédant simplement une courbure, mais comme ayant une structure vibratoire. La solution

---

(1) D. Menchoff, *Sur la représentation conforme des domaines plans* (*Mathematische Annalen*, 95, v, 1926, p. 641).

(2) Harald Bohr, *Über streckentreue und konforme Abbildung* (*Mathematische Zeitschrift*, 1, 1918, p. 403).

(3) M. Winter, *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 498.

de Schwarzschild ne serait plus alors qu'une première approximation. Si cette conception aboutissait à une solution positive, on pourrait peut-être espérer réaliser la liaison entre la gravitation et les phénomènes électromagnétiques sans passer, comme Kaluza et Otto Klein l'ont proposé, par l'artifice d'une cinquième dimension.

On est conduit à penser que le ds^2, en présence d'un centre matériel dans un champ à symétrie sphérique, serait de la forme

$$ds^2 = -X(r, t)\,dr^2 - Y(r, t)(d\theta^2 + \sin^2\theta\, d\varphi^2) + Z(r, t)\,dt^2, \tag{1}$$

les coefficients dépendant à la fois de r et t. En formant alors les équations du champ, comme l'a fait Schwarzschild pour le cas où t n'intervient pas, on est conduit aux équations

$$\left\{\begin{aligned}
R_{1,1} \equiv {} & \frac{1}{Y}\frac{\partial^2 Y}{\partial r^2} + \frac{1}{2Z}\frac{\partial^2 Z}{\partial r^2} - \frac{1}{2Y^2}\left(\frac{\partial Y}{\partial r}\right)^2 - \frac{1}{4Z^2}\left(\frac{\partial Z}{\partial r}\right)^2 - \frac{1}{4XZ}\frac{\partial X}{\partial r}\frac{\partial Z}{\partial r} \\
& - \frac{1}{2XY}\frac{\partial X}{\partial r}\frac{\partial Y}{\partial r} - \frac{1}{2Z}\frac{\partial^2 X}{\partial t^2} + \frac{1}{4XZ}\left(\frac{\partial X}{\partial t}\right)^2 + \frac{1}{4Z^2}\frac{\partial X}{\partial t}\frac{\partial Z}{\partial t} - \frac{1}{2YZ}\frac{\partial X}{\partial t}\frac{\partial Y}{\partial t} = 0, \\
R_{2,2} \equiv R_{3,3} \equiv {} & \frac{1}{2X}\frac{\partial^2 Y}{\partial r^2} - \frac{1}{4X^2}\frac{\partial X}{\partial r}\frac{\partial Y}{\partial r} + \frac{1}{4XZ}\frac{\partial Y}{\partial r}\frac{\partial Z}{\partial r} \\
& - \frac{1}{2Z}\frac{\partial^2 Y}{\partial t^2} + \frac{1}{4Z^2}\frac{\partial Y}{\partial t}\frac{\partial Z}{\partial t} - \frac{1}{4XZ}\frac{\partial X}{\partial t}\frac{\partial Y}{\partial t} = 1, \\
R_{4,4} \equiv {} & \frac{1}{Y}\frac{\partial^2 Y}{\partial t^2} + \frac{1}{2X}\frac{\partial^2 X}{\partial t^2} - \frac{1}{2Y^2}\left(\frac{\partial Y}{\partial t}\right)^2 - \frac{1}{4X^2}\left(\frac{\partial X}{\partial t}\right)^2 - \frac{1}{4XZ}\frac{\partial X}{\partial t}\frac{\partial Z}{\partial t} \\
& - \frac{1}{2YZ}\frac{\partial Y}{\partial t}\frac{\partial Z}{\partial t} - \frac{1}{2X}\frac{\partial^2 Z}{\partial r^2} + \frac{1}{4XZ}\left(\frac{\partial Z}{\partial r}\right)^2 + \frac{1}{4X^2}\frac{\partial X}{\partial r}\frac{\partial Z}{\partial r} - \frac{1}{2XY}\frac{\partial Y}{\partial r}\frac{\partial Z}{\partial r} = 0.
\end{aligned}\right. \tag{2}$$

Vu la difficulté d'une étude générale de ce système, il nous a paru naturel de chercher d'abord des solutions de la forme

$$X = U(r)\,F(t), \qquad Y = V(r)\,G(t), \qquad Z = W(r)\,H(t). \tag{3}$$

On peut d'ailleurs, par un changement de variable sur t, ramener le cas général à celui où $H(t) = 1$; de même on peut supposer $U(r) = 1$. Les équations (2) prennent alors la forme

$$\left\{\begin{aligned}
& F(t)(2f'' + f'^2 \mp 2f'g') = W(r)(4v'' + 2v'^2 + 2w'' + w'^2), \\
& \frac{V(r)\,G(t)}{F(t)}(2v'' + 2v'^2 + v'w') - \frac{V(r)\,G(t)}{W(r)}(2g'' + 2g'^2 + f'g') = 4, \\
& F(t)(4g'' + 2g'^2 + 2f'' + f'^2) = W(r)(2w'' + w'^2 + 2v'w'),
\end{aligned}\right. \tag{4}$$

f, g, v, w désignant respectivement les logarithmes de F, G, V, W. Dans la première de ces équations, les variables étant séparées, on peut égaler

les deux membres à une même constante; de même dans la dernière. La seconde est de la forme

$$\varphi_1(r)\psi_1(t)+\varphi_2(r)\psi_2(t)=1, \tag{5}$$

qui implique que soit φ_1 et φ_2, soit ψ_1 et ψ_2, soient constants. La discussion complète est alors facile et l'on trouve finalement trois types de solutions :

Dans le premier, t n'intervenant pas, on est ramené au problème de Schwarzschild;

Dans le second, on trouve des ds^2 réductibles à la forme

$$-t^2\,dr^2-t^2\,\mathrm{sh}^2 r(d\theta^2+\sin^2\theta\,d\varphi^2)+dt^2; \tag{6}$$

Le troisième donne de même la forme réduite

$$-dr^2-r^2\,\mathrm{ch}^2 t(d\theta^2+\sin^2\theta\,d\varphi^2)+r^2\,dt^2. \tag{7}$$

Dans ces deux derniers cas, on peut introduire une périodicité par rapport au temps en considérant les solutions déduites de celle indiquée par le changement de t en $t-n\mathrm{T}$, n étant la partie entière de $\frac{t}{\mathrm{T}}+\frac{1}{2}$; on aurait des discontinuités pour f' et g', mais F, G, f'^2, $f'g'$, g'^2, f'', g'' restent ainsi continus. Mais, qu'on fasse ou non une hypothèse analogue en ce qui concerne les fonctions de r, on se heurte à cette objection fondamentale que dans aucun cas on ne trouve pour X, Y, Z, même en moyenne et d'une manière approchée, les valeurs asymptotiques 1, r^2, 1 (correspondant au ds^2 euclidien). La conclusion de cette discussion, en ce qui concerne les solutions de la forme (3), est qu'on n'en trouve aucune qui soit acceptable et distincte de celle de Schwarzschild.

Le résultat négatif nous a paru mériter d'être signalé, pour éviter à d'autres chercheurs de recommencer nos calculs. Nous nous sommes ensuite proposé de chercher des solutions voisines de celle de Schwarzschild, en introduisant des expressions de la forme

$$\left\{\begin{array}{l} \mathrm{X}=\mathrm{X}_0(r)+\lambda\mathrm{X}_1(r,t)+\lambda^2\mathrm{X}_2(r,t)+\ldots, \\ \mathrm{Y}=\mathrm{Y}_0(r)+\ldots, \qquad \mathrm{Z}=\mathrm{Z}_0(r)+\ldots, \end{array}\right. \tag{8}$$

X_0, Y_0, Z_0 désignant les coefficients du ds^2 de Schwarzschild. Alors X_1, Y_1, Z_1 dépendent d'équations linéaires qui introduisent de la manière la plus naturelle des fonctions périodiques du temps. Nous espérons pouvoir indiquer bientôt le résultat de la discussion qu'il est nécessaire de faire

pour savoir notamment s'il y a des solutions se comportant à l'infini comme cela est imposé par des considérations physiques.

Au cas où le résultat de cette discussion serait négatif, il serait peut-être possible d'envisager une modification des équations mêmes du champ, en introduisant par exemple la notion d'une propagation progressant par bonds discontinus.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur les faunes marines du Carbonifère des Asturies (Espagne).* Note (¹) de M. G. **Delépine**, présentée par M. Barrois.

Dans le Carbonifère des Asturies, M. Barrois a distingué cinq assises qui sont, à partir de la base : le marbre griotte, le calcaire des cañons, et les assises de Lena, Sama, Tineo, qui renferment des couches de houille exploitées. Les trois premières assises ont été rapportées au Dinantien par M. Barrois, qui formula toutefois cette réserve : « Peut-être les études postérieures pourront-elles placer dans les Asturies la limite entre le terrain houiller inférieur et moyen au milieu de mon assise de Lena » (²). C'est à la solution du problème ainsi posé que j'ai consacré mes recherches. La présente Note résume les résultats obtenus.

I. Les goniatites découvertes dans le *marbre griotte* par M. Barrois établissent que ces couches appartiennent au Viséen le plus élevé. C'est donc tout à la fin du Dinantien que la mer est venue recouvrir la région asturienne, après une période d'émersion qui avait duré pendant la presque totalité du Dinantien, et qui avait pu commencer en certains points dès le Dévonien (³).

II. Le *calcaire des cañons*, d'une importance totale d'au moins 700ᵐ, comprend deux termes, dont l'inférieur, un calcaire bleu-noir, parfois dolomitisé, n'a livré aucun fossile déterminable. Le calcaire supérieur, plus développé, gris-clair, massif, m'a fourni des fossiles à deux horizons. L'un, à l'ouest de Rivadesella, à quelque 50ᵐ du sommet de ces calcaires, renferme des Fusulinelles, parmi lesquelles *Fusulinella (Neofusulinella) Brocki* Möller (= *N. præcursor* Deprat), espèce du Moscovien, connue dès la base de cet étage.

(¹) Séance du 3 septembre 1928.

(²) Barrois, *Recherches sur les terrains anciens des Asturies et de la Galice* (*Mém. Soc. géol. du Nord*, 2, 1, Lille, 1882, p. 592).

(³) Delépine, *L'âge des grès du Naranco (Asturies)* (*Comptes rendus*, 187, 1928, p. 239).

L'autre horizon fossilifère est près du sommet des calcaires massifs; j'ai pu le suivre à Treverga, Veguin, Arenas de Cabrales. Sa faune, avec des éléments connus au Viséen supérieur, en contient d'autres qui indiquent un niveau plus élevé : des *Proboscidella sp.*, bien différentes de l'unique espèce viséenne; des *Marginifera sp.*, dont l'une étroitement apparentée sinon identique à *M. Lóczy* Chao (du Moscovien du nord de la Chine); *Spirifer fasciger* Keys., espèce propre au Carbonifère moyen et supérieur; parmi les trilobites, *Brachymetopus ouralicus* de Vern.

III. De l'*assise de Lena*, M. Barrois a décrit une faune abondante; je ne puis y ajouter que des compléments. Un niveau, à 40^m sous les veines de houille du premier groupe des couches dites *generalas* à Lieres, m'a fourni une goniatite, *Homoceratoides divaricatum* Hind. Cette espèce a été rencontrée en Belgique dans le niveau marin à *Gastrioceras subcrenatum* Schloth, de l'assise de Chatelet, et dans les couches correspondantes en Limbourg hollandais; dans le houiller du Lancashire, elle existe depuis la partie supérieure du Millstone grit jusqu'au-dessus du Rough Rock.

De la présence de cette espèce à Lieres, on peut conclure que la partie supérieure de l'assise de Lena, celle qui renferme les *generalas*, correspond approximativement à l'assise de Châtelet en Belgique (= partie inférieure de l'assise de Vicoigne du Nord de la France), c'est-à-dire au Westphalien moyen. Les 700 à 1000 mètres de schistes avec intercalations de bancs calcaires qui forment, en dessous, le reste de l'assise de Lena, sont donc, avec le calcaire des cañons, les équivalents, en Asturies, des assises d'Andenne et de Chokier, c'est-à-dire du Westphalien inférieur ou Namurien.

Dans les mêmes couches que *H. divaricatum*, il existe aussi à Lieres — et on retrouve sous les *generalas* du bassin de Langreo — un groupe de fossiles dont les plus caractéristiques sont *Productus semireticulatus* var. *hermosanus* Girty et *Myalina subquadrata* Shumard, qui existent aux États-Unis dans la formation dite d'Hermosa; celle-ci, d'après Girty, se place tout à la base du Pennsylvanien. Or, de l'ensemble des travaux de cet auteur, il résulte que la limite inférieure du Pennsylvanien correspondrait à peu près aux niveaux marins à *Gastrioceras subcrenatum* Schloth. et à *G. Listeri* Mart. du nord-ouest de l'Europe. Ainsi, la parenté entre la faune des niveaux marins des *generalas* et celle de la formation d'Hermosa confirme l'indication donnée par la présence à Lières de *H. divaricatum* Hind; des deux faits, il ressort que ces niveaux des Asturies correspondent à des formations d'âge westphalien moyen.

Conclusions. — Le marbre *griotte* des Asturies correspond au sommet du

Viséen. La partie supérieure de l'assise de Lena appartient au Westphalien moyen. Les formations intermédiaires : le calcaire des cañons et toute la partie presque stérile (schistes et calcaires) de l'assise de Lena, correspondent au Westphalien inférieur (ou Namurien).

Les découvertes de M. Barrois et de Verneuil ont démontré que la *mer à Fusulines* s'est étendue sur le nord-ouest de l'Espagne; la masse du calcaire des cañons en représente le principal dépôt dans les Asturies.

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *Sur l'existence de faisceaux libéro-ligneux à orientation inverse dans la feuille végétative de* Cladium Mariscus *R. Br.* Note [1] de M. **A. Guichard**, transmise par M. L. Mangin.

Des faisceaux conducteurs à orientation inverse sont fréquents dans les feuilles des Monocotylédones; leur présence serait, pour Agnès Arber [2], l'indice anatomique de la nature phyllodique de ces feuilles. Cet auteur les a donc recherchés systématiquement; elle n'en a cependant pas signalé chez les Cypéracées. Pfeiffer [3], dans son récent travail d'ensemble sur l'anatomie de la feuille des Cypéracées, ne mentionne pas davantage leur existence. Chermezon en a décrit, il est vrai, chez certains *Scleria* [4], mais dans la partie anormale du limbe; il n'en a pas rencontré dans des feuilles normales et en particulier dans celles du *Cladium flexuosum*. Le fait suivant, que j'ai été conduit à observer au cours d'une étude sur l'ontogénie de la feuille des Cypéracées, paraît donc offrir quelque intérêt.

La feuille adulte du *Cladium Mariscus* R. Br., dont la longueur totale peut dépasser un mètre, comprend une gaine ouverte (5) (*fig.* 1) que surmonte un limbe plié en long (*fig.* 2) et terminé en pointe à section triangulaire (*fig.* 3); cette feuille offre, de prime abord, l'aspect habituel de la feuille chez beaucoup de Cypéracées; toutefois, elle est remarquable par l'épaisseur et la raideur de toutes ses parties.

Une coupe transversale dans la base du limbe (*fig.* 4 et 5) montre que celui-ci est divisé en compartiments par des cloisons comprenant, vers la face inférieure, un gros faisceau libéroligneux normal et, vers la face supérieure, un faisceau inverse (quelquefois deux et même trois). Des paquets de sclérenchyme relient habituellement ces faisceaux entre eux et aux deux épidermes; le tout est entouré d'une gaine incolore de grandes cellules. Entre les cloisons, la face inférieure présente une série de petits faisceaux

(1) Séance du 10 septembre 1928.

(2) Agnès Arber, *Ann. of Bot.*, 32, 1918, p. 465-501; *Monocotylédons*, Cambridge, 1925.

(3) H. Pfeiffer, *Beihefte bot. Centralbl.* (Abtheil. I), 44, 1927, p. 110-112, 140-141.

(4) H. Chermezon, *Rev. gén. Bot.*, 38, 1926, p. 337-353; *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 967.

tous normaux; à la face supérieure, au contraire, on trouve de petits faisceaux à orientation variable : les uns normaux, d'autres inverses, d'autres obliques.

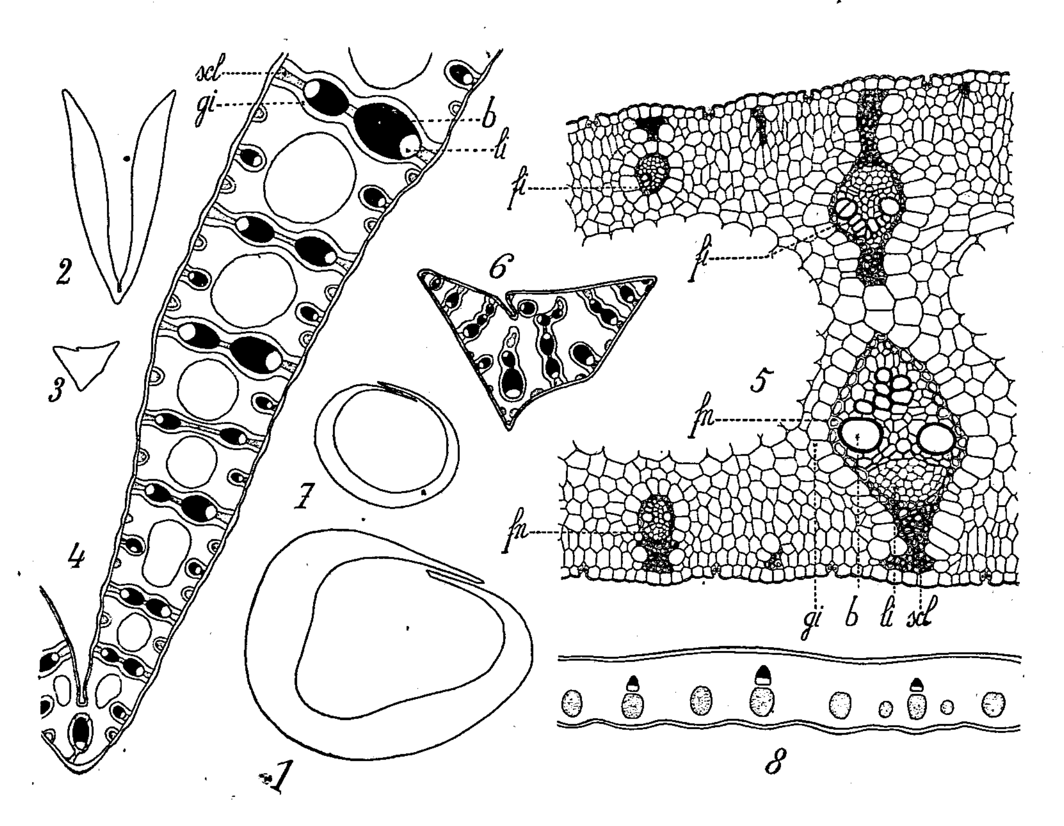


Fig. 1 à 8 : *Cladium Mariscus* R. Br. — Fig. 1, 2, 3 : Forme de la section transversale d'ensemble de la feuille végétative : dans la gaine, dans la région moyenne du limbe, près du sommet; $\times \frac{12}{2,5}$. — Fig. 4 et 6 : Sections transversales du limbe à la base et près du sommet, montrant la distribution des cordons conducteurs; *li*, région libérienne; *b*, région ligneuse; *scl*, sclérenchyme; *gi*, gaine incolore; *fn*, faisceaux à orientation normale; *fi*, faisceaux à orientation inverse; $\times \frac{65}{2,5}$. — Fig. 5 : Portion de la section transversale dans la base du limbe, au niveau d'une cloison à deux faisceaux, l'un normal (*fn*), l'autre inverse (*fi*). A la face inférieure, on voit également un petit faisceau normal; à l'opposé, un petit faisceau inverse; $\times \frac{230}{2,5}$. — Fig. 7 : Forme de la section transversale d'ensemble dans l'écaille du rhizome; $\times \frac{12}{2,5}$. — Fig. 8 : Portion de la section transversale d'une telle écaille, montrant la distribution des cordons conducteurs; $\times \frac{65}{2,5}$.

Les faisceaux inverses existent également, avec la même disposition, dans la gaine et dans la pointe terminale du limbe (*fig.* 6). Par contre, ils manquent dans les feuilles écailleuses du rhizome (*fig.* 7 et 8), feuilles qu'on peut homologuer cependant à la gaine des feuilles végétatives.

On admet généralement que les Cypéracées sont toutes à gaines fermées. K. Domun [1], en particulier, a affirmé que la gaine des Cypéracées est toujours fermée et il a décrit et figuré à cet égard la feuille du *Cladium mariscus*. Chermezon (*Rev. gén. Bot.*, 38, 1926, p. 345) a toutefois récemment signalé des gaines ouvertes chez des *Eriospora*. Parmi nos plantes indigènes, le *Schœnus nigricans* L. présente également une gaine ouverte.

PHYSIOLOGIE. — *La question de l'alcool*. Note de [2] M. **Jules Amar**, présentée par M. d'Arsonval.

Au moment où *la question de l'alcool* reprend de l'actualité, à cause d'une recrudescence marquée de l'alcoolisme en Europe et de la prohibition en Amérique, nous voudrions démontrer cette conclusion qui fut la notre *l'an dernier* : « L'alcool de vin est un aliment thermogène, et rien d'autre [3]. »

On se rappelle d'abord les expériences décisives d'Atwater et Benedict, de 1899 à 1901; elles ont établi qu'un homme, consommant 1gr d'alcool de vin par kilogramme de son poids, l'utilise pour son énergie calorifique à la place des éléments qui la fournissaient. L'évaluation du métabolisme, en chambre calorimétrique le prouvait avec une erreur de 0,70 à 1,60 pour 100.

C'est ce que Chauveau vérifie en 1901, contestant à l'alcool la possibilité d'être *dynamogène*, de gager le travail musculaire par exemple. De nombreux savants ont confirmé, et en dernier lieu Athanasiu [4], lequel obtient au galvanomètre à corde un affaiblissement du travail vibratoire des muscles.

Aussi bien, dès 1913, nous pouvions asseoir les conclusions du laboratoire sur les bases hautement suggestives de la théorie de Helmholtz distinguant, en 1884, l'énergie dégradée, thermique ou liée, de l'énergie utilisable ou libre. Le glucose, par exemple, propre au travail physiologique (Chauveau), apporte à l'organisme de l'énergie libre [5], l'alcool de l'énergie liée. En outre, si toutes les espèces alimentaires peuvent se métaboliser en glucose (doctrine de *l'isoglucosie*) et fournir de l'énergie libre, « il n'existe pas, théoriquement, de transformations chimiques qui puissent, de l'alcool, dériver un sucre ou une autre espèce vraiment alimentaire » (*ibid.*, p. 304). C'est donc un sous-produit, brûlant entièrement à certaine dose, subsistant en partie au delà de cette dose, et empoisonnant les cellules nerveuses.

---

(1) K. Domun, *Morph. und phylog. Studien über die Stipularbildungen* (*Ann. Inst. Bot. Buitenzorg*, 24, 1911, p. 213-216).

(2) Séance du 10 septembre 1928.

(3) Jules Amar, *Hygiène sociale*, p. 501; Paris 1927, Dunod édit.

(4) Athanasiu, *Comptes rendus*, 170, 1920, p. 757.

(5) Jules Amar, *Le Moteur humain*, p. 211 (édit. 1913), p. 227 (édition 1923).

Enfin les évaluations dynamométriques depuis deux ans, l'analyse des *éléments qualitatifs du travail* chez un grand nombre d'ouvriers mécaniciens ne laissent aucun doute que *force*, *attention*, *rendement diminuent* peu de temps après l'ingestion d'un verre de vin représentant seulement 30^g d'alcool. En moyenne, la diminution est de 15 pour 100, et il ne s'agit nullement d'alcooliques dans nos observations.

La question de l'alcool est donc tranchée théoriquement et expérimentalement.

Notre distinction des énergies libre et liée vient encore d'être reprise à ce sujet. « Il y aurait, écrit-on, deux catégories d'oxydations [1], les unes libérant l'énergie utilisable aussi bien pour le travail mécanique que pour les énergies chimiques, les autres ne pouvant livrer uniquement que de la chaleur [2] ». Et l'on retrouve le fait connu ci-dessus, à savoir que, pris à la dose de 1^g au kilo, l'alcool « peut donner de la chaleur, et uniquement de la chaleur ». Une telle vérification de mes conclusions est toujours la bienvenue.

Il y a plus. A la *neutralité thermique*, quand l'organisme n'a plus à régler sa température, *l'alcool* devait se comporter comme tout aliment non glucosique, et s'oxyder en laissant un déchet de chaleur. C'est l'action spécifique dynamique de Rubner. Mais, comme l'alcool ne développe aucun travail, pas la moindre énergie physiologique, *il figurera totalement au déchet*, sous la forme d'énergie liée, de chaleur.

Terroine et Bonnet le constatent effectivement, en opérant sur l'homme ou l'animal. La constatation eût été plus forte si l'on nous avait montré *le quotient respiratoire en diminution marquée*; il manque au protocole.

Quoi qu'il en soit, deux faits méritent d'être retenus :

1° L'alcool de vin ou de bière, à doses très modérées, est un aliment thermogène, pouvant constituer un certain appoint dans les rations d'hiver;

2° Dans aucune circonstance, cet alcool ne peut fournir une fraction, si petite soit-elle, d'énergie musculaire ou nerveuse. La prohibition, en dépit des fraudes et autres excès qu'elle fait naître momentanément, est un acte précieux d'hygiène sociale, les humains étant si peu raisonnables.

La séance est levée à 15^{h}15^m.

A. Lx.

---

(1) L'oxydation est *une*, ce sont les énergies seules qui diffèrent.

(2) BONNET et TERROINE, *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 359.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 24 SEPTEMBRE 1928.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE HAMY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ASTRONOMIE. — *Les instruments et les observations de Delambre à la rue de Paradis.* Note [1] de M. G. **BIGOURDAN.**

Instruments.

D'abord les instruments furent à peu près ceux qu'il avait à la rue Sainte-Avoye (voir p. 403-404) auxquels il joignit la lunette méridienne de Lenoir, reçue le 8 avril 1789 : il n'indique pas bien clairement comment elle était installée.

Voici un état des instruments prêtés à Delambre par l'Académie des Sciences [2]; il est tiré du manuscrit D, 1, 13 des archives de l'Observatoire :

Au citoyen Delambre

1. Une *lunette méridienne* de 3 ½ pieds, objectif achromatique, ouverture d'environ 30 lignes, faite par Le Noir [3].

2. Une *lunette parallactique* de 4 pieds, objectif simple, garnie d'un réticule rhomboïde, et montée en bois d'acajou.

---

(1) Séance du 20 août 1928.

(2) Delambre avait été élu à l'Académie des Sciences le 15 février 1792 comme associé géomètre.

(3) Son axe de rotation avait les deux réglages ordinaires par vis à tête divisée, l'un en azimut (qu'il appelle réglage méridien, vis méridienne, vis M), et l'autre en hauteur relative de l'un des tourillons (vis verticale, vis V).

Pour la collimation de l'axe optique il semble qu'on pouvait la modifier en agissant sur l'objectif.

3. Une *pendule astronomique* à verge de compensation, de Lepaute [1].

4. Un *quart de cercle* de trois pieds, en fer et cuivre, fait en 1743 par Langlois pour l'usage de l'abbé de la Caille, et qui depuis avait été prêté au Cen de Gentil.

Dans une Note du Cen De Lambre, jointe à la lettre qu'il a adressée à la Commission temporaire des Arts le 20 pluviôse de l'an 2e on lit ce qui suit :

L'Académie avait en outre autorisé le Cen Delambre à faire construire une lunette achromatique de six pieds, et le Cen Carochez l'a promise pour cet hyver : le prix convenu était de 1200 #, en y comprenant les accessoires; la lunette était de 800 #.

Le Cen Lenoir était aussi chargé de faire pour le Cen Delambre un quart de cercle de 5000 #. L'Académie avait même voté 6000 #.

Et immédiatement au-dessous on lit, de la main de Delambre :

La lunette de six pieds n'a point été exécutée, non plus que le quart de cercle. La Commission des Arts a prêté au Cen Delambre une lunette achromatique de Dollond de 3 ½ pieds de foyer, grande ouverture, avec micromètre objectif, le pied en bois, le tube en cuivre.

De plus une *pendule* de Lepaute à secondes, dans sa boëte de chêne.

A ces instruments il faut ajouter :

Une seconde *pendule* Lepaute, placée le 1er décembre 1791, « à verge de compensation et pyromètre » qui va 15 à 16 jours et qu'il met sur le temps sidéral, comme l'ancienne pendule, de Lepaute également. Pour les distinguer l'un de l'autre, il a d'abord quelque hésitation, mais à partir du 27 décembre il les distingue en donnant à l'ancienne le n° 1 et à la nouvelle le n° 2 ; il constate souvent que pendant toute la suite des observations les deux battent la seconde en même temps; à partir de janvier 1795 il met l'une sur le temps moyen et l'autre sur le temps sidéral (Pendule des fixes).

Un compteur qu'il mettait d'accord avec la première pendule Lepaute.

Un chronomètre d'Emery qu'il commence de comparer à ses pendules le 12 avril 1795 et qui cesse presque aussitôt d'être mentionné. Delambre allait d'ailleurs partir bientôt pour les opérations de la Méridienne.

Un cercle entier de Borda (n° I) qui lui avait été remis « pour la mesure du Méridien ».

Observations.

Observations méridiennes. — Ces observations consistent surtout en pas-

---

(1) Elle était portée par un cadre réglable à vis qui permettait de la remettre d'échappement quand elle venait à boiter. Delambre touchait très fréquemment à sa pendule pour lui faire marquer l'heure à très près; mais il faisait en même temps marcher le « compteur » pour s'assurer que la pendule n'avait pas modifié sa fraction de secondes.

sages observés à la lunette méridienne dont Delambre suivait attentivement les déviations.

Dès son installation au nouvel observatoire, il avait remarqué des mouvements en azimut de sa lunette méridienne et son échauffement considérable sous « la trappe de fer-blanc »; il la protège d'abord par une couverture; mais bientôt il s'aperçoit que ces changements tiennent aux mouvements des murs sous l'effet du Soleil, car il constate souvent que le matin, « au jour », il retrouve la lunette sur la « marque » telle qu'il l'avait placée la veille au soir.

Il remarque aussi que quelque temps après l'ouverture de la trappe, il se produit un petit mouvement de la lunette. Dans le jour le mouvement est progressif aussi et inverse de celui de la nuit.

L'inclinaison de l'axe de rotation varie progressivement aussi. Delambre ramène d'ailleurs à peu près toujours la lunette sur la mire, dans le méridien; mais quelquefois il évalue l'influence de la petite correction résiduelle sur le temps des passages; en somme c'est un acheminement vers la méthode actuelle où l'on touche très peu aux vis de réglage et où l'on calcule l'effet des constantes sur les temps des passages.

De tout cela on peut conclure que Delambre observe les passages avec le plus grand soin et avec toute la précision que comportent les moyens dont il dispose.

Ses observations méridiennes, faites parfois à 5 fils horaires, sont principalement relatives aux étoiles; en essayant de bien placer sa lunette méridienne de Lenoir, il s'aperçut que le catalogue de Lacaille, donné annuellement dans la *Connaissance des Temps*, ne s'accorde plus avec les positions véritables actuelles des étoiles et il se propose d'en rectifier les ascensions droites, en se basant sur les 36 fondamentales de Maskelyne.

Il me parut ensuite curieux, dit-il, de comparer les catalogues de Bradley et de Mayer au catalogue de Lacaille.

Peu après il étendit ce plan au catalogue zodiacal de Lacaille, à celui de Lemonnier, enfin à ceux de Flamsteed et d'Hévélius.

Souvent il calcule la déviation méridienne de sa lunette par la comparaison des étoiles zénithales à celles qui culminent à l'horizon Sud et il tient compte de la déviation trouvée au moyen de la table qu'il avait donnée à cet effet dans la *Connaissance des Temps* pour 1792.

Tout en observant ainsi les étoiles avec beaucoup d'ardeur (1), Delambre

(1) Il fait des séries de 60, 70 étoiles et même plus, durant de 6 à 8 heures consécutives.

ne négligeait pas l'observation méridienne des planètes et du Soleil; pour celui-ci il diaphragmait quelquefois l'objectif à 10 lignes, à 6 lignes.

Il se livra activement à ce travail depuis le milieu de 1789 jusqu'à l'époque de son départ pour la nouvelle mesure de la méridienne, en juin 1792; il le suspendit alors pour ne plus le reprendre qu'accidentellement, et ses observations sont demeurées inédites; il dit d'ailleurs lui-même (*Histoire de l'Astronomie au* XVIIIe *siècle*, p. 531) :

Toutes mes observations ne sont pas réduites à beaucoup près, et depuis je n'ai pas eu le loisir d'achever un travail que le grand catalogue de Piazzi a rendu parfaitement inutile.

On peut être d'un autre avis, ne fût-ce qu'en raison des petites étoiles qui accompagnaient les belles et dont il fixait la position relative en ascension droite par des passages et la différence de déclinaison en la comparant à l'intervalle d'un nombre connu de minutes d'arc.

Dans la suite son observatoire ne lui servit guère que pour les déterminations de latitude au cercle Borda et que nous avons indiquées déjà.

D'ailleurs peu à peu de nouvelles occupations ne lui permirent pas de continuer aussi activement ce travail méridien. Ainsi le 7 août 1790 et le 13 août 1791 il note dans son registre :

« Il fait le plus beau temps du monde, mais le travail immense autant que pressé que j'ai entrepris sur les satellites de ♃ m'empêche de veiller cet été.

» Le temps est superbe, mais il faut que je retourne aux satellites de Jupiter. Je n'ai plus que quinze jours pour terminer mon Mémoire. »

Observations extra-méridiennes, occasionnelles. — Ces observations, dont une partie paraît inédite, étaient les éclipses de Soleil, de Lune et des satellites de Jupiter, de nombreuses occultations par la Lune, etc. Il fit aussi trois observations équatoriales de la comète 1790 III, les 17, 19 et 20 mai; le 18, il avait tenté de l'observer à la lunette méridienne, mais elle était très difficile à voir.

Il essaye aussi d'observer la comète 1792 I le 28 décembre 1791, mais la faiblesse de son instrument ne lui permit que de l'apercevoir parce que « elle disparaissait lorsque les fils étaient tant soit peu éclairés ».

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le monomagnésien de l'acétylène.* Note [1] de MM. V. **Grignard**, L. **Lapayre** et **Tchéou Faki**.

Malgré le grand intérêt qui s'attache au monomagnésien de l'acétylène, les diverses tentatives d'obtention effectuées jusqu'à présent n'ont donné que des résultats médiocres.

B. Oddo [2] signala le premier sa formation en faisant réagir l'acétylène sur C^6H^5MgBr. Jotsitch [3] en obtint davantage en faisant passer l'action de l'acétylène pendant la préparation du magnésien aliphatique initial (C^2H^5MgBr) et en continuant cette action pendant toute la durée de la réaction synthétique subséquente. Enfin, Salkind et Rosenfeld [4], reprenant la première partie de ce procédé avec C^6H^5MgBr, trouvèrent, par dosage, des résultats quantitatifs, mais l'application à une synthèse, avec l'acétophénone, ne leur donna qu'un rendement de 26 pour 100 en phénylbutinol.

Nous avons essayé nous-mêmes de vérifier la valeur de cette méthode. Dans des essais conduits sans précautions spéciales, nous avons obtenu : avec CO^2, 15 pour 100 d'acide propiolique; avec $n - C^4H^9Br$, à 80-90°, 29 pour 100 d'hexine vrai et à peu près autant de dibutylacétylène. Cependant, en préparant très soigneusement le C^6H^5MgBr, avec un excès de Mg et beaucoup d'éther, nous avons atteint, par la réaction précédente, 39 pour 100 d'hexine vrai et 30 pour 100 de décine symétrique.

Nous avons pensé qu'il serait possible d'accroître la proportion de monomagnésien en augmentant la concentration de l'acétylène, c'est-à-dire en opérant sous pression. Cette directive nous a conduits à deux séries d'expériences.

I. Nous avons d'abord conservé comme magnésien initial le dérivé bromobenzénique.

On chasse l'air de l'appareil habituel contenant le magnésium et un peu d'éther, puis on le met en charge d'acétylène, sous une pression d'une demi-atmosphère environ, avec dérivation sur l'ampoule à bromobenzène. La préparation du C^6H^5MgBr se poursuit régulièrement; cependant l'absorption de l'acétylène, rapide au début, se ralentit peu à peu et, pour 8^g de Mg, l'absorption de la quantité théorique d'acétylène exige de 3 à 4 heures. Bien entendu, une partie de celui-ci peut être simplement en solution.

Si l'on carbonate ensuite, à la pression ordinaire, on n'obtient, après

(1) Séance du 17 septembre 1928.

(2) *Gazz. chim. ital.*, 34, 1904, p. 429; 38, 1908, p. 625.

(3) *J. Soc. ch. russe*, 38, 1906, p. 252.

(4) *Ber. d. ch. Ges.*, 57, 1924, p. 1690.

traitement, que 28 pour 100 d'acide propiolique et 13 pour 100 d'acide acétylène-dicarbonique.

Mais si, pendant la préparation du magnésien, on chauffe très légèrement, en même temps que l'on soumet l'appareil à une bonne agitation au moyen d'un agitateur spécial [1], la carbonatation donne 62 pour 100 d'acide propiolique et seulement 10 pour 100 d'acide acétylène-dicarbonique.

II. Pour la seconde série d'essais nous sommes partis d'un principe un peu différent. Les faits déjà observés permettent de supposer qu'au cours de la préparation, il se produit entre le monomagnésien et le dimagnésien de l'acétylène un équilibre, fonction de la pression du gaz, et qui pourra vraisemblablement être atteint en partant, soit d'un magnésien ordinaire décomposable par l'acétylène, soit du dimagnésien acétylénique lui-même.

Il suffit alors de partir, non d'un magnésien spécial comme précédemment, mais d'un magnésien banal réagissant facilement sur l'acétylène; c'est le cas du bromure d'éthylmagnésium.

Nous avons donc préparé, en partant de 6^g de magnésium, le dimagnésien de l'acétylène par barbotage, à refus, de ce gaz dans C^2H^5MgBr.

Après avoir chassé par ébullition l'acétylène en excès, on amène la solution à un volume déterminé par addition d'éther et, sur 1^{cm^3}, on dose, dans la burette de Bunte, l'acétylène fixé. On trouve ainsi que le rendement en dimagnésien est d'environ 95 pour 100.

Sur cette solution, nous avons fait réagir l'acétylène sous pression constante d'à peu près une demi-atmosphère et en agitant, et nous avons étudié l'influence de la température.

1° En remplaçant une partie de l'éther par 50^g de benzène, nous avons pu chauffer à 65°. La courbe d'absorption a une allure parabolique. Au bout de 4 heures, la liqueur contient environ 80 à 81 pour 100 de monomagnésien [2].

En ajoutant à cette préparation $0^{mol},25$ de bromure de benzyle et chauffant pendant quelques heures, on a obtenu 70 pour 100 de phénylpropine vrai (Éb. 71-73° sous 17^{mm}; $n_D^{23} = 1,53481$; $d_{28}^4 = 0,931$); 8 pour 100 de dibenzylacétylène (F. 80°) et 12 pour 100 d'acétylène dégagé à l'hydrolyse.

2° La réaction de l'acétylène a été effectuée en solution éthérée à 45°.

---

(1) V. Grignard, *Bull. Soc. chim.*, 23, 1913, p. 952.

(2) L'analyse est quelque peu imprécise car le benzène insolubilise partiellement les magnésiens acétyléniques et le prélèvement doit être, par suite, effectué sur la suspension.

L'absorption est plus rapide, au début, que dans le cas précédent; au bout de 50 minutes, elle est déjà de 70 pour 100 de la théorie. Il se produit alors un ralentissement assez brusque et, après 4 heures, on n'a atteint que 85 pour 100. On a alors carbonaté à saturation et obtenu ainsi, à côté de 5 pour 100 d'acétylène dégagé par l'hydrolyse, 78 pour 100 d'acide propiolique (Éb. 142-145° et 8 pour 100 d'acide acétylène-dicarbonique (F. 178-179°).

3° Un dernier essai a été réalisé à — 10°. L'absorption est rapide, et en trois quarts d'heure environ, on atteint la quantité théorique (combinaison et dissolution).

Pour étudier le rendement, nous avons fait réagir ici le bromure d'allyle dont on connaît la grande aptitude à ce genre de soudure ([1]). Nous avons obtenu l'allylacétylène, non encore décrit, avec un rendement de 75 pour 100, et, à côté, une faible portion 120-125° qui précipite abondamment le réactif argentique et qui est vraisemblablement l'allyl-3 allylacétylène (allyl-3 penténine-1-4).

L'allylacétylène présente les caractéristiques suivantes : Eb. 41-42°; $n_D^{22} = 1,3653$; $d_{22}^{22} = 0,777$.

On peut s'étonner que la réaction n'ait pas donné de diallylacétylène symétrique en quantité appréciable. Ceci tient, sans doute, au degré d'acidité du CH^2 central dans l'allylacétylène ([2]). Cet hydrocarbure est probablement capable de décomposer le dimagnésien acétylénique (mais pas le monomagnésien) pour donner

$$CH^2 = CH - CH(MgBr) - C \equiv CH,$$

qui engendre, à son tour, l'allyl-allylacétylène ([3]).

Avec le bromure de butyle normal, nous avons obtenu, de même, l'hexine vrai (Éb. 71-72°; $d_{17}^{4} = 0,720$; $n_D^{19} = 1,402$). Rendement 72 pour 100.

([1]) TIFFENEAU, *Comptes rendus*, 139, 1904, p. 139, 481. — PH. BARBIER et V. GRIGNARD, *Congrès de l'A. F. A. S.*, Grenoble, 1904, p. 470; *Bull. Soc. chim.*, 31, 1904, p. 840.

([2]) Cette acidité des β-énines a déjà été signalée dans d'autres cas par MM. Grignard et Lapayre (Section lyonnaise de la Soc. chim., séance du 6 juillet 1928).

([3]) D'une communication privée, il résulte que M. R. Lespieau avait déjà fait étudier, dans son laboratoire, la synthèse de l'allylacétylène, par action des halogénures d'allyle sur le monosodé de l'acétylène, dans l'ammoniac liquide. Il a obtenu ainsi une faible quantité d'allylacétylène encore très impur (Éb. 60°), et comme produit principal, l'allyl-3 allylacétylène (Éb. 29°, sous 17^{mm}) avec un peu de diallyl-3-3 allylacétylène (Éb. 49° sous 17^{mm}). Le point d'ébullition du premier hydrocarbure lui paraissant trop élevé, M. Lespieau avait retardé la publication de ses résultats pour en poursuivre l'étude.

En résumé, la méthode que nous venons d'indiquer permet d'obtenir le monomagnésien de l'acétylène, en solution dans l'éther, avec un rendement de l'ordre de 80 pour 100 qui paraît être beaucoup plus fonction de la pression du gaz que de la température. On peut penser qu'en élevant la pression vers une atmosphère, la transformation du dimagnésien sera pratiquement complète.

Les applications que nous venons d'en faire et que nous nous proposons d'étendre montrent, dès à présent, que le monomagnésien de l'acétylène peut prendre place comme instrument de travail, à côté des meilleurs magnésiens déjà connus.

En particulier, il semble bien que la méthode de synthèse des hydrocarbures acétyléniques que nous venons d'indiquer se montrera dans la généralité des cas plus pratique et plus économique que les méthodes actuelles partant des aldéhydes ou des cétones.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Études analytiques sur la maturation des œufs de Batraciens.* Note (1) de M. E. **Bataillon.**

Les stéréomitoses mâles décrites antérieurement (2) sur les œufs immatures de Tritons posaient divers problèmes :

1° Les phénomènes relevés dans des croisements se présenteraient-ils dans la fécondation pure ?

2° Le bromure ajouté au sperme n'est-il pas responsable de ces anomalies ?

3° Les mêmes faits s'observeraient-ils chez les Anoures ?

Tenons-nous-en à une seule opération qui répond à toutes les questions ci-dessus. Elle comporte trois fécondations faites sur le même stock d'*Hyla* : la moitié des œufs tout au plus sont descendus.

Un lot est imprégné au sperme de *Rana fusca* bromuré, un deuxième au sperme de l'espèce également bromuré, un troisième au sperme d'*Hyla* à l'eau. Nulle part les œufs ne s'orientent, aucun clivage n'apparaît, même au quatrième jour; mais partout, au bout de 1 heure, les traces des spermies sont bien marquées, leur nombre varie de 3 à 10 ou 12 par œuf. A partir de la troisième heure, on trouve dans tous les lots, en particulier dans le troisième (à l'eau pure), les mêmes mitoses mâles anastrales qui ont été

(1) Séance du 17 septembre 1928.

(2) E. Bataillon, *La destinée des noyaux mâles dans la fécondation croisée des œufs immatures de Triton* (*Comptes rendus*, 185, 1927, p. 998).

vues chez le triton. Elles sont normales à la périphérie et en nombre égal à celui des spermies. Après 17 heures et même 42 heures, elles sont dilatées et leurs chromosomes moins colorables. Il arrive que plusieurs de ces noyaux mâles s'unissent pour constituer des figures pluripolaires sans radiation. Mais, même au bout de 42 heures, on peut rencontrer le monaster : ici, il est très rare. Il sera établi que les fuseaux mâles sont précédés d'un cycle astérien réduit qui peut se trouver figé d'emblée. Chaque œuf présente, en plus des stéréomitoses spermatiques, soit la première cinèse polaire, soit la seconde avec le premier globule à son voisinage.

Donc, les phénomènes décrits chez les Urodèles se retrouvent identiques chez les Anoures, dans la fécondation pure comme dans les croisements, et indépendamment de l'emploi du bromure.

Mais nos observations et expériences sur les œufs d'Urodèles prouvent que l'équilibre de l'œuf n'est point établi quand ce stade d'inertie est franchi. Déjà en 1905 (¹), j'avais étudié certains stocks de *Rana fusca* incomplètement descendus avec lesquels fourmillaient les développements anormaux : gastrulations équatoriales, hernies vitellines, asyntaxies plus ou moins étendues sur l'axe nerveux, etc.

La période de maturation, dilatée cette année par la persistance du froid m'a permis de relever, du 19 mars au 15 avril, les mêmes troubles dans l'évolution des Urodèles, et même des anomalies plus tardives, intéressantes par les essais de correction expérimentale auxquelles elles se sont prêtées. Il s'agit surtout de fécondation pure et de croisements effectués sur les œufs de *Molge marmorata*.

L'imprégnation au sperme de *M. cristata* a fourni couramment des résultats bien meilleurs que celle au sperme de l'espèce.

Cette hybridation, tentée le 19 *mars* sur 134 œufs, donnait 83 clivages dans le délai normal. Mais l'évolution fut souvent bloquée sur des stéréoblastulas et des gastrulations troublées, reproduisant le tableau connu chez les Anoures. Sur 35 embryons ayant franchi la période critique, 17 ont fourni des larves vigoureuses. Les 18 autres ont différencié leurs bourrelets nerveux après un temps double (8 jours au lieu de 4). Turgides en arrière et n'arrivant pas à développer le bourgeon caudal, ils ont éclos prématurément et se sont désagrégés dans les 24 heures.

Mêmes troubles aggravés dans la fécondation pure, où un seul embryon atteignait tardivement la neurula et périclitait encore après éclosion prématurée.

Les œufs fécondés au sperme de *M. alpestris* se clivaient en nombre appréciable sans dépasser le stade blastulaire; et le même fait se reproduisait dans plusieurs essais.

(¹) E. Bataillon, *Nouvelles études sur l'équilibre physique des œufs d'Amphibiens au cours de la maturation* (*Arch. de Zool. expér.*, 3, 1905, Notes et Revue, n° 9, p. ccxvii-ccvxx).

La forme des anomalies rappelant strictement les effets de la chaleur et des solutions plasmolysantes sur les œufs mûrs d'Anoures, et *tous les stades d'arrêt* accusant une *turgescence extrême*, l'idée m'est venue de combattre, si possible, cette turgescence par une solution saline faible (mélange NaCl + KCl + $CaCl^2$ aux proportions connues pour l'eau de mer, mais dilué à 2 ou 3 pour 1000, valeur en NaCl). Seules ces deux concentrations furent utilisées, le matériel ne remplissant point la condition d'abondance voulue pour une étude systématique.

Mon premier objectif fut de tirer les larves d'une combinaison comme *M. marmorata* ♀ × *M. alpestris* ♂, qui n'en donnait pas.

En deux opérations successives (11 avril et 12 avril), le développement dans la solution à 3 pour 1000 aboutissait à neuf éclosions après 16 ou 17 jours (délai habituel).

Ces expériences avaient porté sur une centaine d'œufs dont la moitié restaient à l'eau comme témoins.

Une trentaine de clivages s'étaient répartis également sur les deux milieux.

Voici deux indications essentielles : 1° la neurula ne fut atteinte par aucune ébauche à l'eau ; 2° *les neurulas au sel étaient bien différenciées au 4e jour* (*délai normal*).

Or, une *centaine de gastrulas* fournies par deux opérations du même jour, sur le même stock d'individus (fécondation pure et croisement *M. marmor.* ♀ × *M. cristata* ♂), n'arrivaient au même stade que bien plus tard (8 jours pour le croisement, 9 ou 10 jours pour la fécondation normale).

Il semble bien que nos larves hybrides de *marmorata* et d'*alpestris* (exclusivement obtenues du reste par ce procédé) aient bénéficié du traitement.

Mais, d'après les opérations antérieures, les neurulas tardives issues de l'imprégnation pure et de la combinaison *marmorata* × *cristata* laissaient peu d'espoir. Du reste au 18e jour, les meilleures ébauches, turgides et sans bourgeon caudal, paraissaient définitivement compromises.

Le 11e jour, nous immergeons les plus retardataires dans la solution : 35 *hybrides* dont 17 éclosent après 28 ou 30 jours, 22 pures dont 11 éclosent après 30 ou 32 jours.

Le sauvetage est encore tenté le 18e jour : 1 hybride sur 4 reprend son évolution. Les ébauches pures ne donnent plus rien. Des embryons à l'eau les mieux conformés en apparence, aucune larve n'est sortie.

Conclusions. — L'immaturité entraîne la polyspermie chez les œufs d'Anoures normalement monospermiques.

Elle commande d'abord, chez ces œufs réfractaires à l'activation, les mêmes stéréomitoses que chez les œufs d'Urodèles.

Mais, en poussant plus loin l'étude des œufs de Triton, on s'assure une fois de plus que, même sur un matériel apte à la monospermie et au clivage régulier, il peut rester une marge d'immaturité entraînant toute la série des anomalies classiques avec une turgescence extrême à tous les stades d'arrêt.

Une faible concentration saline a permis de combattre cette turgescence, de tirer des larves viables d'un croisement qui n'en donnait pas, de mener à l'éclosion des neurulas péniblement constituées dans l'eau après un délai double au même *quadruple* du temps normal (16 *jours* dans un croisement sur les œufs d'*alpestris*).

On peut penser que le titre de la solution, adopté au hasard, n'a été efficace qu'à un degré faible d'immaturité et sur les ébauches capables d'engager la gastrulation. L'action régulatrice est *difficilement contestable* malgré l'aléa de telles opérations. Ma conviction est que les 18 embryons hybrides perdus dans l'opération du 19 mars pouvaient être sauvés par cette technique. *Il est certain* que le traitement peut relever et accélérer considérablement l'évolution languissante.

Tous ces faits d'observation et d'expérience appuient l'*idée d'une hypertension osmotique des œufs immatures*, que j'ai adoptée comme hypothèse de travail il y a plus de 25 ans.

En présentant le Mémoire qu'il vient de publier en collaboration avec M. **J.-L. Dantan**, M. **Ch. Gravier** s'exprime ainsi :

Notre travail intitulé : *Pêches nocturnes à la lumière dans la baie d'Alger. I. Annélides Polychètes* (*Ann. Inst. océanogr.*, nouv. série, t. V, fasc. I, 1928, p. 1-185, 101 fig.) résume les résultats de quatre années d'études assidues portant sur une partie des copieux matériaux récoltés de nuit, à la lanterne, dans des pêches que nous avons pratiquées à toutes les époques de l'année, de 1923 à 1927 inclus. Ces recherches ont été entreprises surtout pour étudier la relation possible, bien des fois soupçonnée, entre certaines phases lunaires et les périodes de maturité sexuelle des Annélides Polychètes. Ces animaux habitent, en général, le fond de la mer, mais montent à la surface pour y évacuer leurs cellules reproductrices. Nous avons étudié ensemble, d'une façon aussi approfondie que possible, le matériel recueilli; grâce à cette étude et aux observations faites sur place par M. J.-L. Dantan, nous avons pu, en outre, élucider quelques points demeurés jusqu'ici obscurs dans la biologie de ces Vers, dont l'organisation a servi de thème à tant de spéculations phylogéniques.

CORRESPONDANCE.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Ordre de mesure et dimension des ensembles fermés.* Note de M. **Georges Bouligand**.

1. Soient E un ensemble fermé et borné de points du plan euclidien; $f(\rho)$ la mesure superficielle de l'ensemble des points dont la distance à E est $\leqq \rho$. Je dirai que l'*ordre de mesure* de E est $\leqq 2 - \alpha$ si $\rho^{-\alpha} f(\rho)$ reste borné (quand $\rho \to 0$); qu'il est globalement $\geqq 2 - \beta$ si $\rho^{\beta} : f(\rho)$ reste borné; qu'il est partout $\geqq 2 - \beta$, si chaque sous-ensemble, formé des points de E non extérieurs à quelque cercle centré sur E, est globalement d'ordre $\geqq 2 - \beta$. Je substitue donc la locution *ordre de mesure* à celle *d'ordre dimensionnel* que j'avais employée antérieurement (¹), préférant réserver le terme de *dimension* à la Topologie pure, conformément aux conventions adoptées par M. Fréchet dans la première partie de ses *Leçons sur les espaces abstraits* (²); l'ordre de mesure ainsi introduit est un invariant relatif à la Topologie restreinte du premier ordre et c'est lui qui fournit des critères pour la détermination des ensembles impropres dans les problèmes sur l'extremum des intégrales multiples (³).

Soit un carré contenant E, et dont le côté sera pris pour unité; divisons-le en N parties égales, ce qui donne N^2 carrés égaux. Appelons *mailles vides* ceux de ces carrés qui ne contiennent ni intérieurement, ni périphériquement, de points de E, *mailles utiles* les autres. L'aire totale des mailles utiles est une fonction de $\rho = N^{-1}$, comprise entre le neuvième et le double de $f(\rho)$. On peut donc la substituer à $F(\rho)$ pour délimiter l'ordre de mesure.

2. Nous allons donner divers résultats dont la démonstration, fondée sur l'approximation de E par les systèmes emboîtés de mailles utiles prélevées sur des réseaux indéfiniment subdivisés, fait appel au théorème de P. Du Bois Reymond sur les suites de fonctions croissantes. Pour simplifier, nous

---

(¹) *Dimension, étendue, densité* (*Comptes rendus*, 180, 1925, p. 245).

(²) Gauthier-Villars, Paris, 1928, p. 1 et suiv.

(³) Voir Bouligand, *Nombre dimensionnel et ensembles impropres* (*Ens. math.*, 26ᵉ année, 1927, p. 240-260).

nous bornerons à comparer l'ordre de mesure de E aux nombres réels positifs, c'est-à-dire aux exposants de croissance d'une échelle de fonctions ρ^α. Mais on aurait, pour une échelle plus nuancée [telle $\rho^\alpha(\log \rho)^\beta$], mêmes résultats.

Soit C la classe des homéomorphes de E. Quel que soit $\varepsilon > 0$, on peut trouver dans C des ensembles dont l'ordre de mesure surpasse partout $2 - \varepsilon$. En outre, si E est sans point intérieur, mais comprend au moins un continu, il n'y a dans C aucun ensemble d'ordre de mesure < 1, mais il y a dans C des ensembles d'ordre de mesure $\leqq 1 + \varepsilon$. Le minimum un n'est effectivement atteint que pour une catégorie d'ensembles d'où sont exclus notamment les *continus oscillants* (c'est-à-dire présentant des points où l'oscillation de Zalcwasser est $\neq 0$; exemple : courbe $y = \sin x^{-1}$, continus indécomposables de Brouwer; Janiszewski et Knaster). Enfin, si E est punctiforme, C contient des ensembles dont l'ordre de mesure est $< \varepsilon$. Le minimum zéro n'est atteint que pour certains ensembles dénombrables (¹).

3. On peut généraliser. Dans l'espace à 3 dimensions, il faudra distinguer : les ensembles sans point intérieur pouvant scinder le volume d'une sphère convenablement choisie; les ensembles qui, sans être complètement discontinus, ne peuvent scinder aucune sphère; enfin, les ensembles punctiformes. Les entiers 2, 1, 0 sont respectivement les limites inférieures des ordres de mesure pour ces diverses classes.

4. On est ainsi conduit à une nouvelle conception de la dimension, en Topologie des espaces euclidiens. La dimension d'un ensemble fermé E, pris globalement, est la limite inférieure des ordres de mesure des homéomorphes de E. La dimension est *de la forme p*, en appelant p un entier, lorsque la classe C contient un ensemble dont l'ordre de mesure égale p; sinon, la dimension est *de la forme* p^+. Par exemple, dans le plan, un arc simple de Jordan est de dimension 1, une courbe cantorienne oscillante est de dimension 1^+. Cette théorie, comme celle de M. Fréchet, fait de la dimension un invariant topologique, plus grand pour le tout que pour la partie (ou sinon égal), et soumis à la loi d'addition par composition spatiale. L'exemple précédent accuse cependant une divergence. Quoi qu'il en soit, notre méthode explique pourquoi, en Topologie pure, on s'en est tenu en général aux nombres *entiers* de dimension.

(¹) La possibilité ou non-possibilité d'un minimum effectif est envisagée pour des échelles arbitrairement nuancées.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Unicité des fonctions harmoniques.* Note [1] de M. **O. D. Kellogg**, transmise par M. Hadamard.

Étant donnés un domaine T quelconque, et des valeurs périphériques continues, on connaît diverses méthodes pour leur faire correspondre une fonction bornée, harmonique dans T, et prenant les valeurs données en chaque point régulier de la frontière.

N'y a-t-il qu'une seule telle fonction?

J'ai soulevé cette question il y a quelques années [2] en indiquant que l'unicité serait établie si l'on réussissait à démontrer le lemme suivant :

Si un ensemble de points est fermé, borné et de capacité positive, il contient au moins un point régulier [3].

Grâce à un résultat de M. P. Vasilesco [4], nous sommes en mesure d'établir ce lemme dans le cas de deux dimensions.

En effet, M. Vasilesco montre que s'il existe un ensemble fermé, borné, de capacité positive, il existe aussi un ensemble E dont le potentiel conducteur a, en chaque point de E, la limite supérieure 1, et une limite inférieure, inférieure à une constante λ, $0 < \lambda < 1$.

Soit v le potentiel conducteur de E. Alors si $\lambda < \mu < 1$, l'ensemble ouvert $v > \mu$ a tous les points de E sur sa frontière. Soit ω un des sous-ensembles connexes de $v > \mu$. Le domaine ω', qui consiste en points formant le complémentaire de ω dans un cercle assez grand, n'a que des points frontières réguliers, puisqu'il est de connexion finie et sans points frontières isolés.

Alors, si l'on résout le problème de Dirichlet pour ω' avec les valeurs périphériques μ sur la frontière commune avec ω, et une valeur constante assez petite sur le cercle, la solution u prendra la valeur μ aux points de ω, et sera dominée par v. Par conséquent, la limite inférieure de v en un point E ne peut pas être plus petite que μ.

On a ainsi une contradiction, et l'ensemble E n'existe pas.

Le lemme est donc établi dans le cas de deux dimensions.

---

[1] Séance du 17 septembre 1928.

[2] *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 12, 1926, p. 405-406.

[3] Voir *Acta Universitatis*, Szeged, 4, 1928, p. 1.

[4] Voir son Mémoire qui paraîtra dans le *Journal des Mathématiques pures et appliquées*, consacré à MM. Appell et Picard.

Le théorème d'unicité s'ensuit dans le même cas. M. Vasilesco a indiqué dans le Mémoire cité plusieurs autres conséquences intéressantes de ce lemme.

ASTRONOMIE. — *Sur une nouvelle méthode pour mesurer la parallaxe solaire.* Note (1) de M. **Luis Rodés**, transmise par M. Ch. Lallemand.

Cette méthode est basée, d'une part, sur les mesures de vitesses radiales de rotation de l'équateur solaire, et, d'autre part, sur les observations de points de repère sur la surface de l'astre, donnant la période de la rotation complète. On a :

$$\text{Diamètre du Soleil } (\textit{en km}) = \frac{1}{\pi}[\text{Vitesse radiale } (\textit{en km/sec}) \times \text{Période } (\textit{en sec})].$$

Partant des dimensions admises pour le Soleil, plusieurs auteurs ont utilisé la vitesse angulaire des repères de la surface pour contrôler les vitesses spectroscopiques, mais, inversement, il n'a pas encore été fait de détermination des dimensions du Soleil en combinant les résultats des deux groupes d'observations.

La vitesse de rotation des points de la surface du Soleil variant avec leur latitude, et pouvant changer avec le cycle d'activité, il faut, dans ce calcul, employer des données homogènes à ces deux points de vue. Nous avons donc cherché à déterminer la circonférence équatoriale du Soleil en utilisant les observations de vitesse radiale et de repères superficiels faites pendant la période (25 ans) de 1889 à 1913.

La valeur adoptée pour la vitesse radiale à l'équateur, $2{,}0358^{\text{km}}$ par seconde, résulte de la discussion des observations de N. C. Duner, J. Halm, W.-S. Adams, J.-S. Plasket, R.-E. de Lury et H.-H. Plasket.

Pour les années où les observations manquent, nous nous sommes servi de la moyenne des observations de l'année précédente, et nous avons affecté cette moyenne d'un poids proportionnel au nombre des années auxquelles elle a été appliquée, ce qui se justifie par la possibilité d'une variation avec le cycle d'activité.

Lorsque, pour la même année, il y avait des valeurs différentes, nous avons adopté leur moyenne.

La période moyenne $(24{,}842 \pm 0{,}011)$ jours, pour la rotation solaire à

(1) Séance du 17 septembre 1928.

l'équateur, pendant la période 1889-1913, est basée sur les observations de E.-W. et A.-S.-D. Maunder (*sunspots*), Stanislas Chevalier (*faculæ*), J.-E. Hale et Fox (*calcium floculi*), Hale (*hydrogen filaments*) et Greenwich (*cycles* II and III of *sunspots*). A chacune des valeurs correspondantes nous avons donné un poids proportionnel au nombre d'années sur lequel s'étendaient les observations; de plus, ici comme pour les vitesses radiales, les résultats d'observations directes ont été préférés à ceux provenant d'interpolations.

La combinaison des deux valeurs ci-dessus donne, pour le diamètre solaire,

$$D = \frac{20\,358^{\text{km}} \times 24,842 \times 24 \times 3600}{\pi} = 1\,390\,857^{\text{km}}.$$

De cette valeur du diamètre, si l'on adopte, pour le diamètre apparent moyen α, la grandeur $31'50'',26$, donnée par Auwers, on déduit pour la distance moyenne du Soleil :

$$\frac{D}{2\tan\frac{\alpha}{2}} = 149\,476\,747^{\text{km}},$$

valeur très voisine de celles obtenues par des voies différentes : trigonométrique, astrophysique ou gravimétrique.

Avec la méthode proposée ici, on a l'avantage de déterminer les dimensions et la distance du Soleil en n'observant que sa surface. Il est vrai que, dans la réduction à la période sidérale, la vitesse de la Terre sur son orbite intervient; mais on aboutirait aux mêmes résultats si l'on adoptait la période synodique pour les taches et pour les déterminations directes de la vitesse radiale.

Si l'on adopte, pour le rayon terrestre, la valeur de Hayford, soit $6\,378\,388^{\text{km}}$, on trouve, pour la parallaxe solaire :

$$\pi_\alpha = 8'',8015.$$

La vitesse de la lumière étant bien connue, la précision de la méthode dépend de l'exactitude des trois facteurs : vitesse radiale de rotation du Soleil, durée de la période, et diamètre apparent.

L'erreur probable de cette dernière quantité est $\pm 0'',01$, soit à peu près $\frac{1}{200\,000}$ de sa valeur; elle n'affecterait que de $0'',0005$ la valeur de la parallaxe. L'erreur probable de la période est de $\pm 0,01$ jour, soit un peu moins de $\frac{1}{2000}$ de sa valeur; elle ne changerait que de $0'',004$ la parallaxe.

La précision du résultat n'est donc limitée que par celle des mesures de la vitesse radiale. Comme on a de bonnes raisons de croire que cette vitesse est variable, on ne peut traiter les résidus par la méthode ordinaire pour arriver à l'erreur probable de la moyenne; mais, considérant l'erreur probable des différents groupes d'observations, le résultat ci-dessus, pensons-nous, doit être exact à moins de $\frac{1}{1000}$ de sa valeur.

THERMODYNAMIQUE. — *Sur les propriétés géométriques des diagrammes relatifs aux vapeurs saturées.* Note de M. G. **Bruhat**, transmise par M. A. Cotton.

Les physiciens représentent l'ensemble des divers états d'un fluide par le réseau de ces isothermes, tracé avec les coordonnées p, v (*diagramme de Clapeyron*). Les techniciens préfèrent employer un diagramme dans lequel les transformations isothermes et les transformations adiabatiques sont représentées par des droites parallèles aux axes de coordonnées : le principe de Carnot exprime la possibilité d'y choisir des coordonnées telles que l'aire d'un cycle fermé y représente encore le travail, les coordonnées définies par cette condition étant la température thermodynamique T et l'entropie S. Ils représentent sur le *diagramme entropique* l'ensemble des états du fluide en y traçant le réseau des isobares, dont l'aspect rappelle de très près l'aspect du réseau des isothermes sur le diagramme de Clapeyron.

Si la pression est inférieure à la pression critique, l'isobare est interrompue par le palier de liquéfaction; si d'ailleurs, considérant les états métastables, on trace l'isobare entière du fluide homogène, il est facile de montrer que la droite de liquéfaction y définit deux boucles d'aires égales. L'ensemble des paliers de liquéfaction définit la courbe de saturation, et l'isobare critique présente, au point critique, un point d'inflexion à tangente horizontale. On peut dire que ces deux dernières courbes partagent le plan en quatre régions; partant du fait qu'à une pression quelconque le fluide est certainement liquide si la température est assez basse, on distinguera, au-dessous de l'isobare critique, les régions du liquide, du mélange liquide-gaz et du gaz, et, au-dessus de l'isobare critique, la région du liquide non vaporisable par élévation de température.

On remarquera que les limites de ces diverses régions ne coïncident pas avec celles que l'on définit d'habitude sur le diagramme de Clapeyron; en particulier, *on est amené à considérer le fluide qui se trouve à une pression et*

à une température supérieures à la pression et à la température critiques comme un liquide et non comme un gaz. Ce mode de langage permet, par exemple, d'interpréter facilement la continuation de la courbe de fusion au-dessus de la température critique (1); il se rapproche de celui qu'emploie Jeans lorsqu'il considère que les étoiles se trouvent à l'état liquide (2).

Pour obtenir, sur le diagramme de Clapeyron, la représentation de l'ensemble des propriétés calorimétriques du fluide, les physiciens le complètent par le tracé du réseau des adiabatiques. De même, pour obtenir sur le diagramme entropique la représentation complète des propriétés mécaniques, les techniciens le complètent par le tracé du réseau des isochores. Dans la région du mélange de liquide et de gaz, ces courbes forment un faisceau qui va en s'épanouissant à mesure que la température s'élève, et leurs propriétés géométriques présentent les plus grandes analogies avec celles des adiabatiques du diagramme de Clapeyron, qui ont été établies par M. Raveau (3). J'étudierai ces propriétés dans un autre Recueil; je me contenterai ici de donner quelques résultats relatifs à la *réfraction des isochores* à la traversée de la courbe de saturation.

L'existence et le sens de cette réfraction se déduisent immédiatement des lois du déplacement de l'équilibre. Un raisonnement géométrique, analogue à celui qu'a donné M. Raveau pour la réfraction des adiabatiques (4), permet d'établir la relation qui existe, en un point de la branche vapeur de la courbe de saturation, entre les angles α et β que font avec l'axe des entropies les isochores du mélange et du gaz.

Pour montrer l'analogie des résultats, j'écris cette relation à côté de celle (5) qui existe entre les angles α' et β' que font avec l'axe des volumes les deux adiabatiques du diagramme de Clapeyron (6),

$$\cot\beta - \cot\alpha = \frac{1}{J}\left(\frac{\partial p}{\partial v}\right)_T\left(\frac{dv}{dT}\right)^2, \qquad \cot\beta' - \cot\alpha' = J\left(\frac{\partial T}{\partial S}\right)_p\left(\frac{dS}{dp}\right)^2.$$

La première formule peut servir à passer, par une construction géomé-

(1) Bridgman, *Physical Review*, 3, 1914, p. 153.
(2) Jeans, *Monthly Notices*, 87, 1927, p. 400.
(3) Raveau, *Journal de Physique*, 1, 1892, p. 461.
(4) Raveau, *Comptes rendus*, 171, 1920, p. 235.
(5) Bruhat, *Comptes rendus*, 171, 1920, p. 162.
(6) Dans ces formules, comme dans les suivantes, les dérivées partielles sont relatives à la vapeur sèche, tandis que les dérivées totales sont prises le long de la branche vapeur de la courbe de saturation.

trique, de l'isochore du gaz à celle du mélange, les quantités qui figurent dans le second membre étant prises sur le réseau d'isothermes du diagramme de Clapeyron. Mais ce passage peut être effectué plus simplement si l'on utilise pour la construction la courbe de saturation et l'isobare de la vapeur sèche. Soient en effet MS, MP, MV et MV′ les tangentes en un point M de la courbe de saturation à cette courbe, à l'isobare du gaz et aux isochores du mélange et du gaz, les quatre points S, P, V et V′ étant pris sur une même droite parallèle à l'axe des entropies : le calcul montre que *le segment* V′S *est moyenne proportionnelle entre les segments* V′P et V′V, propriété qui fournit une construction immédiate du point V à partir des trois autres. Il existe d'ailleurs sur le diagramme de Clapeyron une relation analogue entre les segments découpés sur une parallèle à l'axe des volumes par les tangentes MS, MI, MA et MA′ à la courbe de saturation, à l'isotherme du gaz et aux adiabatiques du mélange et du gaz. Les relations relatives aux deux diagrammes peuvent s'écrire sous les formes parfaitement semblables

$$\frac{V'V}{V'S}=\frac{V'S}{V'P}=\frac{\dfrac{dv}{dT}}{\left(\dfrac{\partial v}{\partial T}\right)_p}, \qquad \frac{A'A}{A'S}=\frac{A'S}{A'I}=\frac{\dfrac{dS}{dp}}{\left(\dfrac{\partial S}{\partial p}\right)_T}.$$

PHYSIQUE. — *Sur l'état dit « Sama-Zustand »* (¹).

Note (²) de M. **Erik-A. Holm**, transmise par M. M. Brillouin.

Von Dallwitz-Wegner (³) admet que la pesanteur est susceptible de déterminer, au sein d'un corps solide, liquide ou gazeux, un gradient thermique ascendant; il désigne sous le nom de *Sama-Zustand* cet état particulier de la matière, caractérisé par la production de ce gradient thermique,

---

(¹) Cf. E.-A. Holm, *Arkiv f. mat., astr. o. fys.*, **19** A, n° 34 (Stockholm, 1926), p. 1-19, **20** A, n° 1 (Stockholm, 1927), p. 1-88. On trouvera dans ce dernier Mémoire la description détaillée des appareils, et tous les résultats des mesures.

(²) Séance du 10 septembre 1928.

(³) R. von Dallwitz-Wegner, *Zeitschr. f. Phys.*, **15**, 1923, p. 280; **17**, 1923, p. 82. La même opinion a été émise par divers auteurs tels que J. Loschmidt, *Wien. Ber.*, **73**, II, 1876, p. 128 et 366; **75**, II, 1877, p. 287; **76**, II, 1877, p. 209, mais elle a été à plusieurs reprises contestée, notamment par L. Boltzmann, *Wien. Ber.*, **74**, II, 1876, p. 503; **78**, II, 1878, p. 22 et suiv.; *Wiss. Abh.*, **2**, p. 55, 264 et suiv. (Leipzig, 1909), et P. Ehrenfest, *Zeitschr. f. Phys.*, **17**, 1923, p. 421.

inutilisable dans le sens précité pour la conductibilité thermique. D'après Gehrcke (¹) et Anderson (²), cet état pourrait se manifester dans des gaz fortement raréfiés, conclusion que l'on peut également tirer de mes propres recherches (³).

Si cet état existe réellement, on devra trouver, dans un vase présentant dans toutes ses parties une température uniforme et renfermant un gaz suffisamment raréfié, une pression de haut en bas que l'on peut, jusqu'à nouvel ordre, désigner sous la dénomination de *pression gravimoléculaire*. Cette pression doit pouvoir être mise en évidence à l'aide d'une lame ou d'une plaque, orientée aussi exactement que possible perpendiculairement à la direction de la pression et fixée, par exemple, à l'un des bras d'une balance suffisamment sensible.

Au cours de l'automne 1923, j'ai tenté de mesurer, par ce procédé, la pression gravimoléculaire dans l'air et dans l'acide carbonique raréfiés à 2.10^{-4}-15.10^{-4} mm de mercure; dans ces expériences, j'ai eu recours, comme gaz étalon ou gaz zéro, à l'hydrogène sous même pression. Le vase renfermant le gaz consistait en un tube de laiton d'environ 6^{cm} de diamètre intérieur et de 80^{cm} de longueur intérieure, mobile autour d'un axe horizontal passant par le milieu du tube et perpendiculaire à son axe longitudinal. La lame exposée à la pression gravimoléculaire consistait en un disque de 4^{cm} de diamètre, découpé dans une feuille d'aluminium de 0^{cm},001 d'épaisseur; ce disque était orienté dans un sens approximativement horizontal et était en outre placé de telle sorte que son centre se trouvait dans le voisinage immédiat du point médian du tube mobile.

La balance de précision, du même modèle que la microbalance de Pettersson-Strömberg (⁴), est, comme celle-ci, de quartz fondu; sa déviation, lisible à l'aide d'un miroir, d'une échelle et d'une fente lumineuse, est déterminée pour les deux positions verticale et horizontale du tube (aussi avec celui-ci tourné de 180°), après quoi, on soustrait la seconde valeur de la première. Si l'on désigne par D_G la différence des deux déviations observées dans les gaz envisagés (air ou acide carbonique) et par D_H la même différence pour l'hydrogène (à pression égale), on calcule alors la différence $D_G - D_H$. Si l'on admet l'existence d'une pression gravimoléculaire sur le disque, on peut poser *a priori* que cette pression est plus forte pour la position verticale du tube que pour sa position horizontale et, de plus, qu'elle est plus forte dans

(¹) E. Gehrcke, *Phys. u. Erkenntnistheorie*, p. 111 (Leipzig, 1921). Cf. *Zeitschr. f. Phys.*, **19**, 1923, p. 67.

(²) W. Anderson, *Zeitschr. f. Phys.*, **17**, 1923, p. 252.

(³) E.-A. Holm, *Ann. d. Phys.*, 4ᵉ série, **48**, 1915, p. 495, 496.

(⁴) H. Pettersson, *A new microbalance and its use* (*Thèse de doctorat*, Stockholm, 1911). — R. Strömberg, *Ann. d. Phys.*, 4ᵉ série, **47**, 1915, p. 939; *Adsorptionsmessungen mit einer verbesserten Mikrowage* (*Thèse de doctorat*); *Vet. Akad. Handl.*, 3ᵉ série, **6**, nᵒ 2 (Stockholm, 1928).

le premier gaz, plus lourd, que dans l'hydrogène, plus léger; on devra donc obtenir $D_G - D_H$ une valeur différente de zéro et correspondant à un déplacement vers le bas du disque. Parmi les valeurs mesurées de $D_G - D_H$, au nombre de 7, et correspondant aux pressions approximatives de 2, 5, 8 et 15.10^{-4} mm pour l'air et de 2, 8 et 15.10^{-4} mm pour l'acide carbonique, 5 se trouvaient en dehors des limites de l'erreur fortuite moyenne, et chacune de ces valeurs indiquait un tel déplacement du disque.

La pression gravimoléculaire ainsi constatée paraît incontestablement augmenter avec la pression du gaz, à une allure toutefois moins rapide qu'à l'état d'extrême raréfaction de ce gaz, état pour lequel on peut admettre une proportionnalité directe entre ces deux pressions. (Il convient de noter que le tube de laiton renfermait, outre le gaz objet de l'expérience, une vapeur inconnue dont la pression était $\leqq 6.10^{-4}$ mm.)

Dans l'hypothèse que toutes les molécules gazeuses sont animées de la même rapidité (sans direction systématisée), on avait calculé pour $D_G - D_H$ une valeur qui peut certainement être considérée comme un maximum. Il se trouva que les valeurs mesurées de $D_G - D_H$ atteignaient au plus 25 pour 100 de ce maximum; ce fait peut être considéré comme une nouvelle preuve à l'appui de l'opinion d'après laquelle les valeurs mesurées proviennent d'une pression gravimoléculaire à l'intérieur du tube. En se basant sur ces valeurs exprimées en pourcentage de la valeur maximum, on a procédé enfin à l'évaluation du gradient thermique qui est l'expression du « Sama-Zustand »; on obtient ainsi les valeurs de 25, 15, 13 et -1.10^{-6} degré/cm pour des pressions atteignant respectivement 1,9, 5,1, 7,8 et $14,6.10^{-4}$ mm pour l'air et les valeurs de 12,7 et 13.10^{-6} degré/cm pour des pressions atteignant respectivement 2,1.., 8,2.. et $14,5.10^{-4}$ mm pour l'acide carbonique. En moyenne, pour les deux gaz, ces valeurs décroissent quand la pression croît.

En ce qui concerne la question de savoir si les résultats obtenus ne seraient pas simplement attribuables à l'existence, à l'intérieur du tube, d'une pression thermomoléculaire (¹), il résulte des recherches faites à cet égard que, pour trois raisons différentes, cette explication paraît peu vraisemblable.

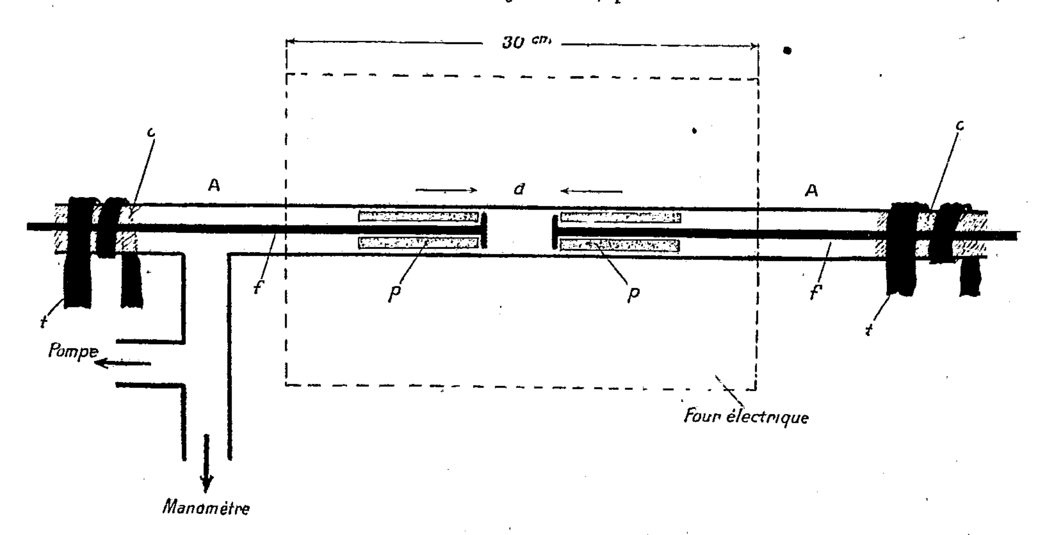
J'espère pouvoir communiquer ultérieurement le résultat des recherches analogues, faites en 1923 dans les mêmes conditions, sur la pression gravi-

(¹) Cf. M. Knudsen, *Ann. d. Phys.*, 4ᵉ série, 31, 1910, p. 209; *Lærebog i Fys.*, p. 170 (Copenhague, 1923). — O. D. Chwolson, *Lehrb. d. Phys.*, 2, Aufl., 1 : 2, p. 126 (Braunschweig, 1918)

moléculaire dans certaines vapeurs très lourdes avec faible tension maximum.

PHYSIQUE. — *Conductibilité électrique des vapeurs de chlorure de potassium.* Note ([1]) de MM. **T. Peczalski** et **J. Cichocki**, transmise par M. H. Le Chatelier.

Les expériences ont été faites avec l'appareil représenté sur la figure ci-dessous. Dans un tube de verre Pyrex A, pénètrent deux électrodes de



cuivre dont les extrémités sont séparées par une distance *d* variant entre 4 et 8^{cm} suivant les expériences. Ces électrodes sont isolées du tube de verre par de petits tubes en porcelaine *p*; elles sont fixées par un mastic qui assure en même temps l'étanchéité de l'appareil. Des toiles mouillées *t* refroidissent les joints.

Le sel était desséché avant son introduction dans le tube et pour enlever les dernières traces d'humidité, on le chauffait encore dans l'appareil après y avoir fait le vide jusqu'à une pression de 1^{mm} de mercure.

On a mesuré au cours des expériences : la durée du chauffage τ, la température t, l'intensité du courant i_a, la différence de potentiel v_a et enfin on a déduit de ces mesures la résistance spécifique ρ de la vapeur de K Cl.

([1]) Séance du 17 septembre 1928.

Premières mesures. — La distance entre les électrodes *d* était de 4^{cm}. L'espace entre les électrodes ne contenait pas de sel. Le sel entourait l'anode seule.

TABLEAU I.

τ.	t.	$i_a.10^5$ amp.	V_a.	$\rho.10^5$ ohms.
h m				
0.00	400	0	90	0,0
0.50	530	3	»	2,5
1.15	550	8	»	0,9
1.45	540	6	»	1,3

Deuxièmes mesures. — La distance *d* était de 8^{cm}. La cathode était couverte de sel qui remplissait aussi 4^{cm} du tube, dans l'espace *d*. Les résultats des mesures sont donnés par le Tableau II.

TABLEAU II.

τ.	t.	$i_A.10^5$ amp.	V_a.	$\rho.10^5$ ohms.
h m				
0.00	550	9,0	90	0,7
0.45	»	10,0	»	0,6
2.00	»	9	»	0,7
4.00	»	6	»	1,0
5.30	»	3	»	2,0
6.25	»	2,9	»	2,0
9.40	»	2,0	»	2,8

Dans toutes ces mesures i_a était proportionnel à V_a, les mesures étaient donc faites au-dessous du courant de saturation.

Les électrodes se polarisaient pendant l'expérience. L'intensité du courant de polarisation était de 2-3 pour 100 de i_a.

Dans toutes ces expériences, le chlore se dégageait sur l'anode et il réagissait chimiquement avec la cire fermant le haut du tube A par lequel passait le fil amenant le courant à l'anode. La cire était recouverte après l'expérience par un liquide vert sombre.

Des faits observés dans ces expériences, à savoir : polarisation des électrodes, dégagement du chlore et conductibilité qui ne dépend pas du sens du courant, nous concluons que la conductibilité observée était due à l'électrolyse des vapeurs de KCl (¹), ce qui confirme l'hypothèse faite anté-

(¹) Des recherches antérieures sur l'émission thermionique des sels chauffés, on a conclu que ces sels émettent des ions positifs à quoi était attribuée la conductibilité de l'espace entourant ces sels (voir GERHARD C. SCHMIDT, *Ann. de Phys.*, 82, 1927, p. 664).

rieurement par nous [1]. La pression des vapeurs de KCl à la température des expériences était de l'ordre de 1.10^{-6} mm. D'après les valeurs de la conductibilité spécifique mesurée, nous avons calculé le nombre (n) de molécules de vapeur de KCl dissociées à cette température. n était de 0,002 du nombre total des molécules de KCl.

Dans une expérience faite sans présence de sel dans le tube A, mais avec des électrodes de cuivre déjà chauffées en présence de KCl, nous avons observé une décharge lumineuse à travers l'air sous la pression de 1^{mm} tension entre les électrodes de 90 volts et à la température de 500° C. Décharge qui est sans doute produite par l'émission électronique des électrodes qui ont absorbé KCl. La quantité de ce sel absorbée est inappréciable par les méthodes courantes d'analyse chimique.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Calcul du champ interne de polarisation.* Note [2] de M. **R. de Mallemann**, transmise par M. A. Cotton.

Le champ *interne* résultant de la polarisation des particules d'un corps, sous l'action d'un champ extérieur, est évalué habituellement par une méthode simple (Lorentz), que j'appellerai la *méthode des cavités*. Cette méthode entraîne de singulières contradictions quand on l'applique au calcul des propriétés électro-optiques à partir des phénomènes *moléculaires*.

A mon avis, elle ne résiste pas à l'examen dès qu'on abandonne le point de vue de l'analyse *macroscopique*, inapplicable aux discontinuités de la structure fine des corps matériels.

Je me propose de montrer ici comment le champ interne peut être évalué par une méthode moléculaire *directe*, applicable à un assemblage quelconque de molécules, qu'il s'agisse d'un solide ou d'un *fluide*, isotrope ou anisotrope. Le principe de la méthode est identique à celui que j'ai indiqué pour le pouvoir rotatoire. La polarisation (macroscopique) d'un corps de structure quelconque est la résultante de deux *systèmes* tensoriels. Le premier T_S, *symétrique*, donne les susceptibilités ordinaires et définit tous les effets de réfringence. Le second T_R, *asymétrique*, exprime les *susceptibilités rotationnelles* (ou dissymétries); il est nul dans un champ *extérieur* uniforme et dans un assemblage symétrique; dans le cas contraire, on doit

---

[1] F. Peczalski, *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 1588.

[2] Séance du 10 septembre 1928.

introduire les *dérivées premières du champ* EXTÉRIEUR; T_R est alors différent de zéro et mesure les pouvoirs rotatoires. Je complète aujourd'hui ces résultats en ajoutant : chacun de ces deux systèmes tensoriels donne, en outre, *directement*, les effets RESPECTIFS du champ interne sur la réfringence et sur la rotation. Dans un ensemble moléculaire quelconque, le champ agissant sur une molécule donnée est, en chaque point et à chaque instant, la résultante du champ extérieur imposé et du champ (interne) dû à la polarisation de toutes les autres molécules du corps. En formant cette expression, on obtient un système *quasi* infini d'équations *linéaires* homogènes; on peut néanmoins le résoudre par approximations successives et les nombres expérimentaux montrent que la série obtenue est convergente. Il est clair que ses termes successifs expriment directement les contributions d'ordre décroissant du champ interne. Je dois me borner ici à résumer les conclusions.

Le pouvoir réfringent et le pouvoir rotatoire d'un liquide sont SÉPARÉMENT *développables en une série ordonnée (respectivement) suivant les puissances du pouvoir réfringent ou rotatoire du gaz et du diamètre moléculaire, ou encore de la densité du liquide* (et des anisotropies moléculaires *spécifiques*, quand celles-ci ne sont pas nulles). Les données expérimentales permettent de calculer ainsi, dans chaque cas particulier, le diamètre moléculaire σ; *les valeurs obtenues sont en bon accord avec celles données par les autres méthodes.* D'autre part, *à l'approximation du deuxième ordre*, on peut mettre les expressions sous la forme ordinaire des invariants de réfringence :

$$\frac{M}{d}\,\frac{n^2-1}{1+\alpha\,\dfrac{n^2-1}{3}} \quad \text{et} \quad \frac{M}{d}\,\frac{\rho}{1+\beta\rho}.$$

Je précise par quelques remarques d'ordre général. Le champ interne est un champ de structure, essentiellement *local;* sa grandeur et sa direction varient, en général, d'un point à l'autre du corps; il modifie *dans l'assemblage* les propriétés de chaque molécule individuelle. On le calcule directement à partir des susceptibilités spécifiques de chaque espèce de molécules et des paramètres linéaires et angulaires déterminant la configuration moléculaire du corps. Le calcul est immédiat dans le cas des *solides* et théoriquement simple quand ceux-ci sont cristallisés. Dans le cas des *fluides*, isotropes ou anisotropes, la configuration moléculaire varie d'un instant à l'autre; le champ interne efficace est un effet *moyen;* on l'obtient *directement* en prenant la moyenne de ses valeurs instantanées pour toutes les configurations possibles des *centres* moléculaires et pour toutes les orientations *statistiquement définies* dans l'état particulier du fluide. Les molé-

cules, même individuellement isotropes, sont à chaque instant anisotropes, dans le fluide, et cette anisotropie varie suivant leurs positions relatives; il en résulte des *fluctuations* dans le temps, autour de leur isotropie ou de leurs anisotropies *spécifiques* [1], dont les puissances ne s'annulent pas dans les moyennes; les termes correspondants expriment l'effet permanent du champ interne.

*Dans le cas d'un assemblage parfaitement régulier, le champ interne serait nul; un cristal cubique parfait aurait donc les propriétés optiques d'un gaz parfait. La valeur finie du champ interne dans un fluide est due essentiellement à l'*IRRÉGULARITÉ *des mouvements moléculaires* [2]. D'une manière générale, la résultante du champ interne varie en sens inverse de la régularité dans la structure du corps. Pratiquement, sa valeur est faible, en raison de l'*agglomération* des molécules dans les corps naturels; elle doit augmenter dans les couches superficielles et correspond alors aux discontinuités limites de la théorie analytique. Au contraire, dans les molécules prises individuellement, la régularité est moindre, puisque le nombre des atomes est relativement petit; le champ interne est donc plus intense; corrélativement, il doit en être de même des anisotropies spécifiques, par rapport aux anisotropies additionnelles résultant du groupement physique des molécules (dans un cristal, par exemple). Cette dernière conclusion est d'accord avec les faits expérimentaux. La méthode moléculaire semble résoudre toutes les difficultés d'ordre logique ou physique, suscitées par la méthode des cavités [3], et permet une analyse plus profonde des phénomènes.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Structure des filaments obtenus par dessiccation des solutions ferriques.* Note de M. **PAUL BARY**, présentée par M. A.-Th. Schlœsing.

J'ai signalé [4] les deux formes particulières de filaments obtenus en évaporant les solutions colloïdales d'oxyde de fer (chlorure basique de fer). Dans la première partie de l'évaporation, le dépôt est formé de filaments

(1) Et de leurs *pouvoirs rotatoires spécifiques* quand elles sont dissymétriques.

(2) Ce fait avait déjà été remarqué par M. E. Henriot (*Bull. Acad. Roy. de Belgique*, 5e série, 7, 1921, p. 175), mais il est en contradiction avec le raisonnement de Lorentz.

(3) En particulier dans le cas du *pouvoir rotatoire*; au début de mes recherches, j'avais multiplié son expression par une fonction de l'*indice*, mais j'ai rectifié cette erreur depuis. Les théories d'Oseen et de Born doivent aussi être corrigées.

(4) *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 1539.

fins parallèles entre eux et à la ligne de séchage, alors que ceux obtenus vers la fin de la dessiccation sont rayonnants et plus gros.

Pour chercher à déterminer les causes de ces différences, j'ai soumis les deux espèces de filaments, obtenus d'une même solution de formule globale $10Fe^2O^3.Fe^2Cl^6.aq.$, à divers essais qui ont montré ce qui suit :

1° Les filaments concentriques examinés au microscope apparaissent comme formés d'une agglomération de fils sensiblement plus fins, développés suivant la longueur du filament, disposés à peu près parallèlement entre eux, mais non tout à fait en lignes droites, leurs sinuosités se suivant. Ces fils fins, qui constituent par leur ensemble le filament, ont des diamètres dont la grandeur apparente est de 3 microns et une distance d'axe en axe de 9 microns. En lumière polarisée, ils apparaissent lumineux quand les nicols sont à l'extinction; leur couleur est jaune doré et, par conséquent, différente de celle de la solution, qui est rouge brun.

La perte d'eau que subissent ces filaments par un chauffage au rouge, déterminée sur une petite quantité au moyen d'une microbalance, est de 26,2 pour 100, soit environ 2,3 molécules par molécule Fe^2O^3.

Ces filaments traités par l'eau à froid ne se dissolvent pas, mais ils abandonnent à l'eau les $\frac{4}{5}$ du chlore qu'ils contenaient, sous forme d'acide chlorhydrique ou de chlorure de sodium. Les filaments lavés et dissous dans l'acide nitrique pur ont donné une solution qui contenait encore 7,8 pour 100 de chlore, pesé comme chlorure d'argent, ce qui correspond à un chlorure basique, dont la formule serait environ $20\,Fe^2O^3.Fe^2Cl^6$.

2° Les filaments rayonnants sont formés de fils jaune doré analogues, comme couleur et comme diamètre, à ceux décrits plus haut, mais disposés normalement à la longueur de la fibre, c'est-à-dire que, replacés par la pensée dans la position qu'ils avaient à leur formation, tous les fils constitutifs des filaments des deux espèces étaient à peu près parallèles entre eux. Les fils élémentaires sont séparés les uns des autres par une sorte de ciment rouge assez opaque, restant obscur en lumière polarisée, alors que les fils sont brillants. Ces filaments contiennent une quantité d'eau, déterminée comme précédemment, d'environ 37,9 pour 100. Mise au contact de l'eau, une partie de la matière se disperse dans le liquide et ne peut être séparée par filtration.

De ces résultats, on peut conclure que les deux espèces de filaments décrits sont constituées par une matière filiforme disposée parallèlement à la ligne de séchage de la solution, noyée dans une matière amorphe de couleur plus foncée provenant de la dessiccation d'une gelée de chlorure basique de fer. Au commencement de l'évaporation, il se dépose plus de

filaments et relativement moins de gelée; mais la proportion de cette dernière augmente avec la concentration jusqu'à la fin du dépôt. Le ciment qui lie entre eux les éléments filiformes provient donc du séchage de la gelée.

Les deux substances constitutives du dépôt, matière filiforme et gelée, n'ont pas la même composition chimique, la dernière étant plus riche en chlore et retenant plus d'eau que la première.

Lorsque la quantité relative de gelée est faible, les fissures que produit la synérèse sont parallèles aux filaments, le lien de gelée qui les unit entre eux n'étant que peu résistant. Dans le cas contraire, où la gelée est plus abondante, les fissures qui se forment dans le dépôt dépendent de la forme du vase employé; elles sont rayonnantes sur les parties assez fortement inclinées de la capsule, mais se produisent en tous sens sur le fond presque horizontal.

Les solutions colloïdales d'oxyde de fer qui ont servi à ces expériences semblent donc formées de deux substances différentes, dispersées dans l'eau. Une première de couleur jaune contenant relativement peu de chlore, faiblement gonflée par l'eau, fournit à la dessiccation la partie filiforme du dépôt. La seconde, plus hydrophile, contenant plus de chlore, est susceptible de se concentrer par évaporation jusqu'à fournir une gelée d'un rouge foncé.

Il y a lieu de noter que les solutions employées dans ces expériences, préparées depuis 12 et 15 mois, laissent déposer peu à peu une petite quantité d'une matière pulvérulente jaune qui traverse les filtres de papier ordinaire et qui n'a pu être séparée ainsi.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les courbes d'absorption ultraviolette des alcools terpéniques, en rapport avec leur constitution.* Note (1) de M. **Jean Savard**, transmise par M. V. Grignard.

Nous avons étudié les courbes d'absorption des alcools suivants :

1	2	3	4	5	6	7
CH^3	CH^3	CH^3	CH^3	CH^3	CH^3	CH^3
CH	CH	CH	C	C(OH)	C(OH)	C
CH^2 CH^2	CH^2 CH^2	CH^2 CHOH	CH CH^2	CH^2 CH^2	CH^2 CH^2	CH CH^2
CH^2 C(OH)	CH^2 C(OH)	CH^2 CH^2	CH^2 CH^2	CH^2 CH^2	CH^2 CH^2	CH^2 CH^2
C C^4H^9	CH C^4H^9	CH	CH	CH	C	C(OH)
$CH^3—C—CH^3$	$CH^3—C=CH^2$	$CH^3C=CH^2$	$CH^3C(OH)—CH^3$	$CH^3—C=CH^2$	$CH^3—C—CH^3$	$CH^3CH—CH^3$
Butylpulégol.	Butylisopulégol.	Dihydrocarvéol.	α-Terpinéol.	β-Terpinéol.	γ-Terpinéol.	Terpinéol-4.

(1) Séance du 10 septembre 1928.

Ces courbes présentent toutes : (*a*) un maximum, ou un palier, ou un point singulier au voisinage de 2260-2380 Å environ

$$\left(\frac{1}{\lambda} = 42000\text{-}45000 \text{ cm}^{-1}\right);$$

(*b*) la première partie régulièrement ascendante d'une bande dont le maximum situé dans l'ultraviolet extrême ne peut être saisi. On sait que la portion (*a*) de la courbe correspond à l'existence d'une double liaison (¹) et la partie (*b*) à celle d'une fonction alcool (²).

	Point caract. C = C		Bande de l'OH	
Alcools.	$\frac{1}{\lambda}$ = cm.	log ε.	Visible jusqu'à	log ε.
Butylpulégol.........	43000	3,64	50200	3,76
Butylisopulégol......	44800	3,63	50500	3,76
Dihydrocarvéol......	45200	2,54	49000	3,44
Terpinéol-α.........	43300	1,32	49850	3,54
» -β.........	45000	1,32	48600	2,66
» -γ.........	41600	1,64	47700	3,80
Terpinéol-4.........	43806	2,79	50000	3,54

Considérons d'abord les alcools qui ne diffèrent que par la position de la double liaison, les β et γ-terpinéols par exemple (5 et 6). La courbe du premier possède un palier d'absorption marqué, à 2222 Å. $\left(\frac{1}{\lambda} = 45000, \log \varepsilon = 1,32\right)$ environ, celle du deuxième un point singulier seulement. L'abscisse du sommet de la bande d'absorption (double liaison) du γ-terpinéol ne peut pas être fixée. On voit néanmoins nettement que toute la courbe du γ-terpinéol est décalée vers le rouge d'une soixantaine d'angströms par rapport à celle du β-terpinéol.

C'est exactement ce qui fut déjà constaté à propos des butylpulégol et butylisopulégol (³). Le déplacement du point maximum, alors mesurable, était voisin de 80 Å. Ces deux groupes d'alcools sont tout à fait comparables. Dans l'un comme dans l'autre, le déplacement du spectre est produit par le passage d'une forme limonénique à une forme isopropylidène. Les pulégols offrent cependant cette particularité de présenter, pour l'un d'eux, la double liaison conjuguée.

(¹) Victor Henri, *Études de Photochimie*, Paris, 1919.
(²) Jean Savard, *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 1738.
(³) Jean Savard, *Bull. Soc. chim.*, 1928 (sous presse).

Voyons maintenant les alcools qui diffèrent par la position de l'OH, celui-ci restant tertiaire, et la double liaison fixe.

a. α-terpinéol et terpinéol-4. — Il n'y a pas de déplacement vers le rouge de la bande de la double liaison. Les sommets des deux bandes ont sensiblement la même abscisse (2309-2283) que l'OH soit en 8 (extranucléaire) ou en 4 (intranucléaire). C'est par une diminution considérable du coefficient d'extinction maximum pour la double liaison que se traduit le passage de l'OH de 4 en 8. Pour le terpinéol-4, $\log\varepsilon = 2,79$; cette valeur tombe à 1,32 pour l'α-terpinéol. Tout se passe comme si la courbe d'absorption du premier voyait ses ordonnées réduites.

b. Les OH sont de même nature mais le noyau menthénique porte un substituant :

1. *γ-terpinéol et butylpulégol*. — L'influence du radical butyle est faible, car la forme d'une courbe d'absorption dépend, avant tout, des groupements fonctionnels et de leurs positions [1]. Nous ne voulons cependant pas faire de comparaisons trop étroites entre des alcools dont les molécules n'ont pas la même masse. Remarquons que la bande de la double liaison, si marquée dans le butylpulégol ($\lambda = 2325$ Å., $\log\varepsilon = 3,64$), s'abaisse dans le γ-terpinéol jusqu'à se réduire à un point singulier marquant l'intersection de cette bande avec celle de l'OH ($\lambda = 2404$ Å., $\log\varepsilon = 1,64$).

2. *β-terpinéol et butylisopulégol*. — Même remarque que ci-dessus : les maxima d'absorption ont des abscisses voisines (2222 Å.), mais l'ordonnée tombe de 3,63 à 1,32 quand l'OH passe de 3 en 1.

Dans le cas où l'OH et le carbone qui le porte sont quelconques (butylisopulégol, dihydrocarvéol, β-terpinéol), on constate toujours que la courbe s'abaisse à mesure que l'OH s'éloigne davantage de la double liaison, celle-ci restant fixe. Pour les trois alcools cités, λ max. est voisin de 2222 Å. et log ε prend les valeurs suivantes : 3,63 (butylisopulégol), 2,54 (dihydrocarvéol), 1,32 (β-terpinéol).

Enfin si la position de la double liaison, elle aussi, varie et si les alcools n'ont de commun que le noyau menthénique fondamental, l'intensité d'absorption de la double liaison est en rapport avec le nombre d'atomes de carbone qui séparent dans la molécule les deux groupements fonctionnels. De la comparaison de tous les alcools entre eux, il apparaît que deux phénomènes sont à retenir :

---

[1] Victor Henri, *loc. cit.*

a. Le phénomène du déplacement des bandes, les ordonnées de leurs maxima restant sensiblement constantes.

b. Celui de l'abaissement des coefficients d'extinction maxima, leurs abscisses restant sensiblement constantes.

Ils prouvent l'induction mutuelle des groupements fonctionnels et ne sont probablement pas indépendants l'un de l'autre.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Mesures magnétiques dans le sud-ouest de la France.* Note de M. **Albert Baldit**, présentée par M. G. Ferrié.

1. Les mesures magnétiques dont nous présentons aujourd'hui les résultats constituent la dernière partie du travail qui nous avait été confié ([1]) par la 6e Section du Comité français de l'Union Géodésique et Géophysique Internationale dans son œuvre de révision générale du réseau magnétique de la France. Elles ont été effectuées pendant les mois de septembre et octobre 1926, et intéressent les trois départements du Lot-et-Garonne, du Tarn et du Tarn-et-Garonne.

Des 42 stations dans lesquelles nous avons mesuré les trois éléments magnétiques, 9 avaient été déjà visitées par Moureaux, 17 par Mathias, et 2 à la fois par Moureaux et Mathias; 14 sont nouvelles. Toutes les mesures ont été doublées, sauf 6 inclinaisons.

Le tableau suivant donne les valeurs des éléments ramenés au 1er janvier 1922. Les noms des stations nouvelles figurent en italique.

Stations.	D.	I.	H.	Situation magnétique.
		Département du Lot-et-Garonne.		
	° ′	° ′		
1. Agen	12.18,9	60.46,9	0,21813	presque calme
2. Astaffort	12.14,5	60.38,2	0,21874	calme
3. *Casteljaloux*	12.30,1	60.56,0	0,21704	calme
4. *Castillonnès*	12.18,3	61.08,1	0,21600	calme
5. *Fumel*	12.13,8	61.00,3	0,21731	presque calme
6. Marmande	12.28,7	61.05,3	0,21650	presque calme
7. *Mézin*	12.26,9	60.40,0	0,21831	presque calme
8. Nérac	12.23,9	60.42,5	0,21014	calme
9. La Plume	12.18,6	60.42,6	0,21843	presque calme
10. Port-Sainte-Marie	12.22,8	60.50,9	0,21778	calme
11. Saint-Maurin	12.08,9	60.43,1	0,21791	presque calme
12. *Tonneins*	12.25,4	60.57,4	0,21715	calme
13. Villeneuve-sur-Lot	12.16,1	60.54,8	0,21727	calme

([1]) *Comptes rendus*, 175, 1922, p. 827; 178, 1924, p. 1568; 180, 1925, p. 1410; 184, 1927, p. 219.

	Stations.	D.	I.	H.	Situation magnétique.
	Département du Tarn.				
		° ′	° ′		
14.	Albi (I)	11.26,3	–	–	perturbation
15.	Albi (II)	11.37,3	60.27,3	0,22021	agitée
16.	*Carmaux*	11.37,4	60.31,5	0,21954	perturbation
17.	*Cordes*	11.43,1	60.29,2	0,21961	agitée
18	Gaillac	11.38,5	60.20,9	0,22013	calme
19.	*Graulhet*	11.37,6	60.12,5	0,22110	calme
20	*Lacaune-les-Bains*	11.18,2	59.57,8	0,22122	calme
21.	Lavaur	11.43,2	60.07,9	0,22094	calme
22.	*Mazamet*	11.23,8	59.53,8	0,22232	calme
23.	Saint-Sulpice-la-Pointe	11.47,2	60.15,8	0,22046	agitée
24.	*Vabre*	11.27,8	60.03,5	0,22130	calme
25.	*Valence-d'Albigeois*	11.32,7	60.25,7	0,21959	un peu agitée
26.	Vaour	11.40,6	60.33,5	0,21921	presque calme
	Département du Tarn-et-Garonne.				
27.	Auvillars	12.09,3	60.37,7	0,21849	perturbation
28.	Beaumont-de-Lomagne	12.02,2	60.24,1	0,21996	calme
29.	Bourg-de-Visa	11.58,4	60.44,2	0,21847	presque calme
30.	Castelsarrasin	12.05,5	60.33,4	0,21884	agitée
31.	*Caussade*	11.51,3	60.37,5	0,21869	un peu agitée
32.	*Espinas*	11.43,3	69.38,3	0,21856	calme
33.	Lafrançaise	11.57,1	60.33,7	0,21836	calme
34.	Lauzerte	12.08,3	60.45,6	0,21836	calme
35.	Lavit-de-Lomagne	12.04,7	60.30,4	0,21942	un peu agitée
36.	Moissac	11.58,2	60.31,2	0,21912	presque calme
37.	Montauban	12,07,6	60.31,8	0,21978	un peu agitée
38.	Montech	11.46,0	60.30,5	0,21968	presque calme
39.	Saint-Nicolas-de-Lagrave	12.08,1	60.35,7	0,21900	agitée
40.	Valence-d'Agen	12,08,4	60.38,6	0,21869	un peu agitée
41.	Verdun-sur-Garonne	11.56,6	60.24,2	0.21987	un peu agitée
42.	Villebrumier	11.51,4	60.25,0	0,21993	agitée

2. Ces mesures comparées avec celles de Moureaux donnent la variation séculaire des éléments magnétiques entre le 1er janvier 1896 et le 1er janvier 1922 pour l'ensemble des trois départements du Lot-et-Garonne, du Tarn et du Tarn-et-Garonne :

Déclinaison (10 stations communes)	$-2°52',1$
Inclinaison (10 stations communes)	$-0°56',3$
Composante horizontale (9 stations communes)	$+0,00344$

Comparées avec les mesures de Mathias, elles donnent pour les mêmes départements :

Déclinaison (12 stations communes).................	— 2°53′,1
Inclinaison (19 stations communes)..................	— 0°56′,5
Composante horizontale (11 stations communes)......	+ 0,00350

3. Dans l'ensemble, la situation magnétique n'a pas été aussi tranquille, au cours de cette campagne, qu'il aurait été désirable, puisque, en dehors de 27 situations calmes ou presque calmes, on en compte 12 qui sont caractérisées par une agitation plus ou moins marquée des barreaux au magnétographe du Val Joyeux, et 3 qui atteignent le degré de véritables perturbations. La première de ces perturbations magnétiques a sévi le 21 septembre 1926, pendant la mesure de I à Auvillars; la seconde, le 15 octobre, pendant les mesures de H et de I à Carmaux, et la troisième, le même jour, pendant la détermination de D à Albi (station I).

Ces deux derniers troubles font partie du violent orage magnétique qui a débuté le 14 octobre à 20ʰ et qui s'est poursuivi pendant 36 heures, succédant de près à une activité remarquable d'un groupe de taches solaires. Malgré l'état d'agitation des éléments, les valeurs de H et I déterminées le 15 à Carmaux ne présentent pas d'anomalie appréciable; mais la déclinaison mesurée à Albi le même jour (station I) est nettement anormale et nous avons dû exclure cette valeur du calcul de la variation séculaire en la remplaçant par la mesure de D effectuée le 16, en un point voisin.

La seule anomalie permanente, dans la zone où nous avons opéré, est celle qui s'étend entre Montauban et Moissac, et qui est surtout sensible pour D. Les mesures combinées de Mathias et Moureaux en donnent le tracé pour l'époque 1916,0. Cette anomalie se retrouve, pour 1922, avec un aspect très voisin de celui de 1916; mais nos déterminations en donnent une représentation plus exacte et permettent de fixer ses limites. On peut ainsi reconnaître son influence, sur une cinquantaine de kilomètres, entre Montauban et Bourg-de-Visa, le long d'une ligne orientée sensiblement du Sud-Est au Nord-Ouest.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Sur le pouvoir pathogène du* M. melitensis *et du* B. abortus *pour le singe et l'homme*. Note [1] de M. **Et. Burnet**, présentée par M. Roux.

Il y a cinq ans, nous pouvions conclure de deux séries d'inoculations expérimentales : 1° que le *B. abortus* se distingue du *M. melitensis* par

[1] Séance du 10 septembre 1928.

l'absence de pouvoir pathogène pour le singe et pour l'homme; 2° que l'inoculation de *B. abortus* vivant vaccine le singe et l'homme contre le *M. melitensis* [1].

Il n'y avait rien à objecter à la seconde conclusion. A la première, on a pu objecter que nous avions employé des souches de *B. abortus* vieillies au laboratoire sur les milieux de culture artificiels.

Depuis cinq ans l'épidémiologie de la fièvre méditerranéenne a pris une face nouvelle. On a signalé en de très diverses contrées, Rhodésia, États-Unis, Italie, France, des cas de « fièvre ondulante à *Abortus* » (il vaudrait mieux dire : contractée au contact des bovins et porcins). On en a signalé même dans des pays d'Europe, Allemagne, Hollande, Danemark, où la fièvre ondulante étant jusqu'ici inconnue ou méconnue, alors que l'avortement par le B. de Bang est très répandu, on croyait trouver la preuve permanente de l'innocuité du *B. abortus* pour notre espèce.

En présence de ces faits nouveaux, nous avons pris à cœur de répéter nos expériences de 1923, en n'inoculant que des souches tout récemment (1 ou 2 mois) isolées du bétail ou de l'homme (sauf la souche d'*Abortus* d'origine humaine).

Singe 1. — *Rhesus* femelle. Comme les autres sujets d'expérience, sérum non agglutinant au point de départ. Inoculation sous-cutanée de 30 millions d'un mélange de 3 *Abortus*. A la suite de cette inoculation il n'y a jamais eu de fièvre. Une hémoculture positive (16ᵉ jour), puis deux négatives (35ᵉ et 62ᵉ jours). Pouvoir agglutinant : 200,450 (35ᵉ jour), 200 (62ᵉ jour). Pas de réaction thermique ni locale à l'inoculation sous-cutanée de 1^{cm^3} de mélitine.

Le 84ᵉ jour, inoculation d'épreuve : 10 millions de *M. melitensis* sous la peau. A la suite de cette inoculation, il n'y a pas eu de fièvre. Deux hémocultures (100ᵉ et 117ᵉ jours) négatives. L'inoculation de *melitensis* n'a même pas relevé le titre d'agglutination, qui était descendu à 200.

Singe 2. — *Macacus Cynomolgus* mâle. Même inoculation d'*Abortus*, mais 10 millions seulement. Jamais de fièvre. Toutes hémocultures négatives. Pas de réaction à la mélitine. Pouvoir agglutinant aux mêmes dates : 40, 100, 250.

Même inoculation de *M. melitensis*. A la suite, point de fièvre. Le pouvoir agglutinant ne dépasse pas 300.

Le singe suivant est particulièrement intéressant, en ce qu'il a été inoculé avec un *Abortus* isolé il y a deux ans d'un cas humain de fièvre ondulante (un des cas d'Alessandrini, en Toscane).

Singe 3. — *Cynomolgus* femelle. 10 millions, sous la peau de cet *Abortus*. Il n'y a

(1) *Comptes rendus*, **174**, 1922, p. 1034, et **178**, 1924, p. 154.

pas eu de fièvre. Une hémoculture positive (la première, le 16e jour); les suivantes, négatives. Pouvoir agglutinant : 1400 (16e jour), 8000 (43e). Pas de réaction à 1^{cm^3} de mélitine.

Le 65e jour, inoculation sous-cutanée de 10 millions de *M. melitensis*. A la suite, pas de fièvre. Une hémoculture positive (16 jours après l'épreuve), les suivantes négatives. Le pouvoir agglutinant revient à 4000.

Témoin. — *Cynomolgus* mâle. 10 millions de *M. melitensis*. La fièvre commence le 20e jour : courbe typique. Hémocultures positives. Titre agglutinant : 500. A l'inoculation sous-cutanée de 1^{cm^3} de mélitine, réaction thermique (les singes inférieurs ne donnent pas l'intradermoréaction, en tant que réaction locale).

Sujets humains, au nombre de trois. Reçoivent sous la peau 200 millions des *B. abortus* récents. L'observation a duré 130 jours : ils n'ont point présenté de fièvre. Pour chacun, quatre hémocultures négatives. Pouvoir agglutinant : entre 300 et 600. Intradermo-réaction, fortement positive chez l'un, faiblement positive chez le deuxième, à peu près nulle chez le troisième.

Le 92e jour, inoculation de 80 millions de *M. melitensis*. A la suite, point de fièvre. Pas de relèvement du titre d'agglutination. 50 jours après l'épreuve, les trois sujets sont indemnes de fièvre et bien portants.

Le *témoin* a pris la fièvre méditerranéenne, heureusement très bénigne. La fièvre a cédé à quatre injections thérapeutiques de mélitine.

Ces expériences confirment nos conclusions de 1923. Aux doses de 30 millions chez les macaques, de 200 millions chez l'homme, l'inoculation expérimentale, sous-cutanée, de *B. abortus* tout récemment isolés d'avortements de bovins, n'a pas donné la fièvre ondulante. Même la souche isolée d'un cas humain de « fièvre méditerranéenne à *Abortus* » n'a pas causé la maladie. De plus, l'unique inoculation de *B. abortus* vivants, à dose faible, a vacciné l'homme et le singe contre une dose de *melitensis* qui déterminait infailliblement la maladie fébrile chez les témoins.

Cependant, si les inoculations expérimentales d'*Abortus* n'ont pas donné la maladie, l'organisme de l'homme et du singe n'y est pas resté indifférent. Deux singes ont eu, 16 jours après l'inoculation, une hémoculture positive. Singes et hommes ont acquis un pouvoir agglutinant assez fort : sur ce point, ces expériences diffèrent des anciennes. Enfin, deux sujets humains sur trois ont donné l'intraderme-réaction positive.

L'*Abortus* d'origine humaine s'est montré le plus sévère pour le singe, à moins que ce singe ne se soit trouvé plus sensible.

Comment, en présence des faits nouveaux (fièvre ondulante contractée au contact de bovins), interpréter ces expériences? Si des faits d'épidémiologie bien établis nous obligeaient à reconnaître au *B. abortus*, ou à certaines souches de *B. abortus*, quelque pouvoir pathogène pour l'homme, il faudrait

encore déclarer, d'après les faits d'expérience, que ce pouvoir pathogène est énormément plus faible (ou plus rare) que celui du *M. melitensis*.

Il faut d'abord admettre des différences entre la maladie naturelle et l'infection expérimentale. Il est possible aussi que dans cette espèce *Brucella*, qui semble encore plastique et adaptable, il existe des races à caractères mixtes, abortives pour la vache et fébrigènes pour l'homme. Il est vraisemblable enfin, avec l'intense trafic moderne d'hommes, d'animaux et de choses, que, même dans les pays du nord de l'Europe, des vaches soient infectées de *melitensis* qui lui vienne, directement ou indirectement, par la chèvre ou par l'homme, et qui exerce sur elles l'action pathogène abortive.

Si nos expériences n'infligent pas un démenti à l'épidémiologie, l'épidémiologie ne dément pas non plus les expériences.

La séance est levée à $15^{h}20^{m}$.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 23 juillet 1928.)

Note de M. *N.-P. Pentcheff*, Les gaz rares des sources thermales et les grands tremblements de terre des 14 et 18 avril 1928 en Bulgarie :

Page 244, ligne 26 (Tableau), *au lieu de* $17.^{-10}$, *lire* 17.10^{-10}.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 1er OCTOBRE 1928.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE HAMY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Après le dépouillement de la Correspondance, M. le **Président** annonce, dans les termes suivants, la mort de M. *Pierre Puiseux*, membre de l'Académie :

De nouveau notre Compagnie est douloureusement émue par la mort d'un Confrère : **Pierre Puiseux**, membre de la Section d'Astronomie depuis 1912, s'est éteint à Frontenay (Jura), dans une propriété de famille, vendredi dernier, à l'âge de 73 ans.

En lui, l'Académie perd un de ses membres les plus assidus aux séances et l'Astronomie un de ses adeptes qui l'a longuement, vaillamment, brillamment et passionnément servie, jusqu'au jour où ses forces, trahissant sa volonté, le mirent en demeure d'abandonner la lutte menée, pour dissiper les ténèbres qui nous cachent les secrets de l'Univers, et de remettre les armes en des mains plus jeunes.

Ancien élève de l'École Normale supérieure, Puiseux entra à l'Observatoire de Paris, en 1879, et y fit une laborieuse et brillante carrière, assumant parallèlement la charge de maître de conférences, puis celle d'un cours de physique céleste à la Sorbonne. Entre temps, il prit part à plusieurs missions scientifiques à l'étranger, pour le compte de l'Académie et du Bureau des longitudes.

Le premier travail de notre Confrère se rapporte à l'un des points épineux de la mécanique céleste, concernant l'accélération séculaire du moyen mouvement de la Lune. S'inspirant d'une méthode indiquée par Poisson, il donna une limite supérieure de la valeur de cette accélération, considérée

comme engendrée par l'action des forces newtoniennes. Son résultat, confirmé ultérieurement par les calculs de Newcomb, de Brown et de Stockwell, donna plus de force à l'opinion de Delaunay qui attribuait ce phénomène à une cause physique, telle que le frottement des marées, capable de déterminer un allongement progressif du jour sidéral.

A l'observatoire, Puiseux passa successivement dans tous les services, après avoir participé aux observations méridiennes, particulièrement à celles qui ont pour objet de déterminer les positions des petites planètes.

Sa collaboration avec Lœwy, que la mort seule de ce grand astronome a pu faire cesser, se montra particulièrement féconde. Après avoir triomphé des difficultés que comporte la rectification de l'équatorial coudé, il fit usage de cet instrument, pour étudier l'aberration par la méthode nouvelle, préconisée par son maître, quelque temps auparavant, et dont le point essentiel consiste à faire intervenir la mesure des variations de distance, au foyer d'une lunette, à six mois d'intervalle, de deux étoiles inégalement affectées par l'aberration et rendues visibles simultanément, dans le champ, par l'intermédiaire d'un double miroir, d'angle invariable, disposé devant l'objectif.

Mais l'œuvre capitale à laquelle le nom de notre Confrère restera attaché est celle de la carte de la Lune. Grâce à des efforts ininterrompus, pour améliorer sans cesse la technique photographique, grâce aussi à un moyen particulier d'entraînement de la plaque sensible, les clichés magnifiques, obtenus au foyer du grand équatorial coudé, ont acquis un degré de perfection tel que la surface visible de notre satellite est aujourd'hui mieux connue que celle du globe où nous vivons. La carte comprend 71 grandes feuilles à l'échelle de 2^m à 3^m, pour le diamètre lunaire, et quelques autres, de dimensions différentes, la plupart tirées par agrandissement d'originaux choisis dans une collection de 6000 clichés. L'examen critique des épreuves a fourni à Puiseux la matière de 12 mémoires formant, dans leur ensemble, une histoire très documentée des déformations de notre satellite et de son volcanisme.

Il apparaît que l'atmosphère de l'astre, à l'origine très peu dense, s'est résorbée peu à peu, laissant la surface soumise à un refroidissement rapide. Ce refroidissement et la réaction des fluides, emprisonnés dans la croûte superficielle, lui suffisent pour expliquer la formation des mers et des cirques, sans intervention d'action extérieure. Quant à la cause principale de la différence de structure qui se manifeste entre les montagnes lunaire et terrestre, il la trouve dans la tendance au plissement de l'écorce qui a dominé

sur la Terre, tandis que sur la Lune c'est la tendance à l'étirement qui a prévalu, en raison du refroidissement.

Notre Confrère a beaucoup écrit. Nos *Comptes rendus* possèdent de lui des contributions nombreuses. Ses publications, en dehors de son œuvre principale, se rapportent aux planètes, à la libration de la Lune et aux sujets les plus variés, tels que la classification des étoiles variables d'après leurs courbes de lumière, la place du Soleil parmi les étoiles de la Voie lactée, les courants stellaires, la périodicité des phénomènes solaires, etc.

Fils de Victor Puiseux, dont le nom brillera éternellement dans l'histoire des progrès de l'Analyse mathématique, notre Confrère, associé de bonne heure aux randonnées de son père, en haute montagne, fut attiré irrésistiblement par l'alpinisme. Ses luttes, avec les cimes les plus difficiles, lui avaient procuré une santé robuste, dans sa jeunesse. Terrassé peu à peu par la maladie, en proie à des souffrances ininterrompues, il était arrivé, dans ces dernières années, à un état de débilité extrême et avait dû renoncer depuis longtemps à la pratique du sport si noble qui exalte les aspirations morales de l'homme et développe ses qualités d'énergie, de décision et d'endurance, d'une façon sans égale. Mais il aimait à se faire transporter, pendant la belle saison, à proximité des pics dont la vue lui faisait revivre les belles heures d'autrefois et lui rappelaient ses prouesses passées. Les infirmités avaient d'ailleurs respecté ses facultés intellectuelles; sa pensée était restée bien vivante. Lorsqu'il lui arrivait d'émettre une opinion, dans nos Comités secrets et les Commissions dont il faisait partie, sa parole claire et limpide coulait sans effort, accusant un jugement ferme et droit, comme par le passé.

D'une bonté et d'une affabilité inaltérables à l'égard de tous ceux qui l'entouraient, notre Confrère n'a connu que des amis, pleins d'admiration pour l'élévation de son caractère. Le culte désintéressé de la science, la passion de la montagne, les joies de la famille étaient dominés chez lui par la préoccupation incessante de se rapprocher de la perfection morale. Aussi la dignité de son existence a-t-elle été incomparable. Il laisse de nobles exemples à sa nombreuse famille, à laquelle j'exprime, au nom de l'Académie, les regrets unanimes que sa disparition soulève chez ses Confrères.

Je lève la séance en signe de deuil.

ASTRONOMIE. — *Les coordonnées de l'Observatoire de la rue de Paradis.* Note (¹) de M. G. **Bigourdan**.

Delambre avait rattaché géodésiquement son observatoire (O_p, axe du toit tournant) à la Méridienne et à la Perpendiculaire par le triangle secondaire :

Panthéon (P_a) — *Pyram. de Montm.* (P_m) — *Obs. de la rue de Paradis* (O_p),

dont il avait mesuré ou fait mesurer par Bellet les trois angles (*Base*, I_2, p. 108, 111, 113, 544). Et d'autre part il avait mesuré ou fait mesurer aussi par Bellet les trois angles du triangle suivant (*Base*, II, 345, 415) :

Panthéon (P_a) — *Obs. Impérial* (O_i) — *Pyramide de Montm.* (P_m)

et il conclut pour les distances des méridiens et des parallèles :

		T	T	"
Dist. P_a à la méridienne et à la perpend.	de l'Obs^{re} (O_i).	361,80	et 560,99	ou 35,38
Dist. Obs. rue Par. (O_p) » »	du Panth. (P_a).	431,44	771,70	48,67
» »	de l'Obs. (O_i).	793,24 [2]	1332,69	1.24,05

Rapporté à la méridienne de l'Observatoire et à sa face méridionale ($\varphi = 48°50'11,00$) on trouve donc finalement, pour l'Observatoire de la rue de Paradis,

Long. Est 1'15",90... $= 0^h0^m5^s,063$. Latitude..... $+48°52'35^s,06$

Notes diverses.

Les registres de Delambre mentionnent aussi les événements marquants de l'époque, publics ou privés ; reproduisons, entre autres, les Notes suivantes :

1790 juillet ☿ 14. — Jour de la Fédération à Paris, au Champ-de-Mars. Environ 5' avant midi j'ai entendu la décharge des canons ; à midi je n'entends plus rien. Il a plu dans la matinée par intervalles et assez fort, surtout vers 11h 50'.

1790 octobre 9, ♃ matin. — Je pars pour Amiens, ma patrie, où je n'ai point été depuis 8 ans.

(¹) Séance du 20 août 1928.

(²) Il est à noter que ces nombres ne s'accordent pas avec ceux que Delambre donne dans *Base du système métrique*, III, 266,

1790 octobre 28, ♃. — J'ai été à Arras, j'en suis revenu à Amiens le ⊙ 31.
» nov. 15 ☾. — Je suis parti d'Amiens et je suis arrivé à Paris le ♂ 16 au matin.
1791 juillet 11, ☾. — Translation de Voltaire; pluie.
1792 février 15, ☿. — J'ai été nommé à l'Académie des Sciences à l'unanimité.
» » 22 ☿. — J'ai été pour la première fois à l'Académie comme académicien.

Donnons enfin le texte d'un billet autographe de Laplace sur lequel Delambre a fait dans la suite des développements trigonométriques :

Le 5 juillet 1789 — Je suis bien sensible, Monsieur, à la bonté que vous avez eue de m'envoyer le résultat de vos calculs sur la nouvelle planète (1). Je vois avec peine que l'observation de Mayer ne peut pas s'accorder (?) bien avec les observations modernes qui paroissent s'accorder très bien entre elles et avec l'observation de Flamsteed; mais si cela ne se peut, il faudra bien enfin reconnoître quelque erreur dans l'observation de Mayer et il me paroît que l'on doit avoir bien plus de confiance à un ensemble de 90 excellentes observations qu'à une observation isolée dont on ne connoist pas les détails et qui n'a point été répétée. Mes formules pour calculer les variations des étoiles en déclinaison et en ascension droite sont un peu différentes des vostres. Je suis parti d'une diminution séculaire de 50″ dans l'obliquité de l'écliptique et j'ai trouvé

$$\text{Variation annuelle en déclinaison} = 50'',4349\, \sin 23^\circ 28' \cos \text{ascen. droite},$$

$$\text{Variation annuelle en ascension droite}$$
$$= 50'',4349\, \cos 23^\circ 28' + \sin 23^\circ 28' \sin \text{asc. dr.}\ \text{tang}\, \text{décl.} - 0'',2016$$

Au reste cela suppose le mouvement annuel des équinoxes de 50″,25 et cela auroist besoin d'être discuté de nouveau car il me paroist que dans la comparaison du catalogue de Flamsteed avec les catalogues modernes on n'a point eu égard à l'aberration et à la nutation.

Ayez la bonté, Monsieur et cher abbé, de présenter mon respect à vos dames, et me rappeler au souvenir de Messieurs Dassi et Le Long (2); et croyez-moi avec les sentimens de l'estime et de l'attachement le plus sincère.

Votre très humble et très obéissant serviteur,

LAPLACE.

Je vais dîner aujourd'hui chez M. le premier président (3) à qui je donnerai un exemplaire de vos tables; je vous en préviens, afin de vous dispenser de lui en donner un; et pour que cela le dispose bien pour vous je présenterai l'exemplaire de votre part.

Je compte aller dîner demain à [?]. Aurai-je le plaisir de vous y voir ainsi que M. Le Long.

---

(1) Il s'agit évidemment d'Uranus, découvert le 13 mars 1781 (G. B.).
(2) De Saron (G. B.).
(3) Les Lelong étaient probablement des très proches parents des Dassy (G. B.).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les conditions de formation de la cémentite.* Note de MM. G. CHARPY et P. PINGAULT.

Dans des Notes antérieures, l'un de nous a indiqué : 1° que la carburation du fer par divers composés carbonés à des températures de 600° à 650° le transformait intégralement en carbure de fer ou cémentite, Fe^3C, quand le métal était pris sous forme de limaille et l'action carburante suffisamment prolongée; 2° que sur des pièces massives il se formait dans les mêmes conditions une couche superficielle de cémentite pure, séparée du métal initial par une zone de transition de très faible épaisseur; et il a proposé pour cette dernière opération le nom de *carburisation*, pour la distinguer de la cémentation ordinaire dans laquelle la teneur en carbone augmente progressivement à partir de la surface.

Nous avons repris l'étude de cette réaction en vue d'en préciser certaines particularités, et notamment de déterminer les limites de température dans lesquelles il faut se maintenir pour éviter la décomposition de la cémentite avec formation de graphite.

Dans les premiers essais, il avait semblé, d'après quelques observations isolées, que la cémentite pouvait se décomposer aux environs de 700°; ce résultat n'aurait rien d'extraordinaire, puisque la cémentite est instable aux basses températures, mais il paraît en contradiction avec le fait que dans les fontes blanches pures, et ne contenant, en particulier, que très peu de silicium, la séparation du graphite à partir de la cémentite est très difficile à amorcer et ne se produit certainement pas, d'une façon normale, à des températures de 700° à 900° et même 1000°.

Nous avons opéré d'abord sur du fer pur, obtenu par électrolyse et soigneusement débarrassé de l'hydrogène occlus, qui a été chauffé à différentes températures, sous forme de limaille, au contact de cyanures alcalins ou de carbures d'hydrogène. Pour suivre le développement de la réaction, nous avons contrôlé les résultats de l'analyse chimique par l'étude des variations de propriétés physiques. La densité et les propriétés magnétiques, qui varient notablement par la carburation, se prêtent facilement aux mesures, sans altérer le produit en expérience.

La densité de la limaille diminue graduellement à mesure que celle-ci absorbe du carbone et se fixe à une limite de 7,40 (à 0°). Cette valeur est supérieure à celle qui a été indiquée par Moissan pour de la cémentite

extraite de fonte blanche par attaque au moyen d'acides faibles; il est vrai que les causes d'erreur agissent en sens inverse dans les deux cas.

Pour le magnétisme, nous nous sommes bornés à employer une méthode de pesée, analogue à celle qui a été utilisée par M. Guillaume dans ses recherches sur les aciers au nickel. Dans les conditions où nous opérions, un électro-aimant produisait sur 1^g de limaille de fer enfermé dans un tube de silice une attraction égale à environ 7^g, qui diminuait graduellement par la carburation pour se fixer à près de 4^g. Les mesures pouvaient être faites à $0^g,1$ près sans difficulté.

Après transformation complète indiquée par la constance de la densité et des propriétés magnétiques, la limaille contenait 6,75 pour 100 de carbone total, était devenue assez dure pour rayer le verre, et se dissolvait intégralement dans l'acide azotique sans laisser aucune trace de carbone insoluble.

On a alors soumis ce produit à des chauffages dans le vide à des températures graduellement croissantes, et constaté que les propriétés indiquées ci-dessus ne subissaient aucune modification, même après que le chauffage eût été poussé à 1000° pendant 10 heures. On peut donc admettre que la cémentite ne subit pas de décomposition par chauffage jusqu'à 1000°, aussi bien à l'état libre que lorsqu'elle forme avec un excès de fer une fonte blanche pure. Quand on suit la vitesse d'échauffement, on ne remarque d'ailleurs aucun point critique; les faibles absorptions de chaleur, qui avaient été observées sur certains échantillons aux environs de 700°, paraissent attribuables à ce que la carburation n'avait pas été complète et laissait inaltérées de petites quantités de fer. Quant à la séparation de graphite signalée antérieurement dans certaines cémentations prolongées faites soit avec l'oxyde de carbone, soit avec des céments pouvant dégager de l'oxyde de carbone, nous pensons qu'elle peut être attribuée à ce que, dans certaines conditions que définit le diagramme bien connu établi par G. Chaudron, il peut se produire une oxydation, portant sur le fer plutôt que sur le carbone et par suite, séparation de ce dernier et amorçage de la décomposition de la cémentite. En opérant avec des céments non oxygénés on peut prolonger la cémentation sans arriver à la séparation de graphite.

Nous avons pu vérifier ce résultat, en opérant, de préférence, sur des fils de fer de quelques dixièmes de millimètre de diamètre suspendus dans le cément. Ces fils ont été transformés intégralement en cémentite après chauffage à 850° dans le cyanure de potassium, malgré la décomposition assez rapide que subit le sel à cette température, et aussi après chauffage à 900° dans le formène. Dans les deux cas le produit ne contient aucune trace de graphite.

Enfin, nous avons pu examiner des échantillons plus massifs, notamment les tubes en fer, de 1mm d'épaisseur environ, servant à protéger les couples thermo-électriques au cours des cémentations. Le métal de plusieurs de ces tubes a été trouvé intégralement transformé en cémentite; nous avons vérifié que, après chauffage à 900° et refroidissement lent, des fragments de ces tubes rayent le verre et se dissolvent entièrement dans l'acide azotique sans laisser trace de graphite.

En résumé, il semble donc que la carburation du fer solide tend à former de la cémentite, tout au moins jusqu'à 1000°. La répartition du carbone à partir de la surface d'un fragment de métal, lorsque la carburation n'est pas poussée jusqu'à la limite, serait donc déterminée uniquement par les vitesses de dissolution et de diffusion de la cémentite dans le fer solide.

PHYSIQUE INDUSTRIELLE. — *Sur la production de la force motrice par la vapeur évoluant entre deux masses d'eau.* Note de M. **Georges Claude.**

Les expériences faites à Ougrée pour l'application du système Boucherot-Claude, dont j'ai rendu compte à l'Académie ([1]), ont montré la possibilité d'utiliser de faibles différences de températures entre deux masses d'eau pour la production de la force motrice à l'aide de la vapeur.

Le succès de ces essais m'a enlevé une crainte qu'une particularité intéressante de cette question m'avait fait concevoir.

Alors que l'énergie mécanique que peut fournir la vapeur évoluant entre deux températures données est en gros proportionnelle à l'écart de ces températures, c'est peut-être en effet une chose digne d'être signalée que, dans le cas de deux masses d'eau à utiliser suivant notre processus, l'énergie mécanique qu'on en peut obtenir dépend, *grosso modo*, du *carré* de l'écart.

En effet, l'écart de températures est ici divisé en deux parts : l'une doit être sacrifiée dans le refroidissement de l'eau chaude pour produire à ses propres dépens la vapeur motrice, et dans le réchauffement (supposé égal) de l'eau de condensation, et c'est seulement la partie restante qui a la signification de l'écart de températures habituellement visé dans l'utilisation de la vapeur. Pour rendre maximum l'énergie utilisable, ces deux fractions de l'écart doivent être égales, mais des considérations pratiques peuvent inciter à s'éloigner de cette condition et à consacrer à la vaporisation et à la condensation moins de moitié de l'écart total.

([1]) *Comptes rendus*, **186**, 1928, p. 1491.

Quelle que soit la répartition adoptée, d'ailleurs, conservons-la pour un écart de températures plus grand, disons par exemple 3 fois plus grand. Chacune des deux fractions de l'écart triplant, on triple à la fois le poids de vapeur produit par unité de poids d'eau et l'énergie mécanique produite par unité de poids de vapeur, c'est-à-dire qu'on multiplie bien par 3^2 l'énergie fournie (1).

Ainsi, l'énergie utilisable décroît très vite quand l'écart diminue, et si ceux qui ont mis en doute le bien-fondé de nos propositions avaient noté cette particularité, il est probable que la sévérité de leurs observations s'en fût encore accrue.

Or, on l'a vu, malgré tout, et en dépit de la complication supplémentaire des gaz dissous, les turbines à vapeur s'adaptent si bien, selon nos espérances, aux conditions précaires ainsi réalisées, que les masses d'eau inépuisables de la mer tropicale seront susceptibles d'une excellente utilisation.

On voit inversement l'intérêt d'une augmentation même faible de l'écart de températures à utiliser, et il y aura peut-être des cas où il sera intéressant d'augmenter la température des eaux marines superficielles en diminuant localement les deux facteurs qui contribuent le plus à la limiter, c'est-à-dire l'évaporation superficielle et le rayonnement nocturne.

L'Académie me permettra d'ajouter qu'encouragé par l'excellent accueil réservé à nos idées par les autorités et les notabilités de Cuba, je me propose d'y repartir prochainement. J'ai l'intention d'y procéder, avec le concours de M. Idrac, que MM. les Ministres de la Guerre, des Travaux publics et de l'Air ont bien voulu mettre à ma disposition, aux sondages et aux mesures de températures et de courants sous-marins préliminaires au transport à la Havane de l'installation d'Ougrée et de son alimentation en eau sous-marine froide à l'aide d'une canalisation *ad hoc*. J'espère que cette installation sera l'œuvre de l'année prochaine. Nous aurons alors complété au point de vue des difficultés du travail à la mer, la démonstration faite à Ougrée au point de vue thermodynamique et nous pourrons sans doute dès lors passer aux réalisations industrielles.

---

(1) Ce raisonnement, valable pour une seule utilisation des deux masses d'eau, le resterait pour une série d'utilisations successives de ces masses à températures décroissantes.

CORRESPONDANCE.

ALGÈBRE. — *Sur la croissance des polynomes.* Note de M. **Serge Bernstein**, présentée par M. J. Hadamard.

1. Soit $f(x)$ un polynome monotone de degré n dans l'intervalle $(0, l)$ et tel que $f(0)=0$, $f(l)=1$; alors, pour $\alpha<1$, la plus petite valeur possible de $f(\alpha l)$ est asymptotique à

$$(1)\qquad m_\alpha=\frac{4n\pi\sqrt{1-\alpha}}{\left(1-\frac{\alpha}{2}+\sqrt{1-\alpha}\right)^{n+1}}\left(\frac{\alpha}{2}\right)^n.$$

Il en résulte aussi que la plus grande valeur possible de $f(\alpha l)$ est asymptotique à

$$(2)\qquad M_\alpha=1-\frac{8n\pi\sqrt{\alpha}}{(1+\sqrt{\alpha})^2}\left(\frac{1-\sqrt{\alpha}}{1+\sqrt{\alpha}}\right)^n.$$

Ainsi, par exemple, pour $\alpha=\frac{1}{2}$, on a les inégalités asymptotiques

$$\frac{8n\pi\sqrt{2}}{(3+2\sqrt{2})^{n+1}}\leqq f\left(\frac{l}{2}\right)\leqq 1-\frac{8n\pi\sqrt{2}}{(3+2\sqrt{2})^{n+1}}.$$

2. Dans les formules asymptotiques indiquées, α est supposé fixe; cependant la formule (1) subsiste, si l'on pose $1-\alpha=\frac{A^2}{n^2}$, en faisant croître A indéfiniment d'une façon quelconque $\left(\frac{A}{n}\text{ tendant naturellement vers zéro}\right)$; on trouve une nouvelle formule asymptotique pour le minimum de $f(\alpha l)$,

$$(3)\qquad m_\alpha=8\pi A\,e^{-2A}.$$

La formule (3) conduit, en particulier, à la conséquence suivante :

Soit $f(x)$ un polynome de degré n très élevé tel que $f(-1)=f(1)=0$, possédant un maximum unique à l'origine $f(0)=1$; dans ces conditions, la valeur asymptotique de la plus petite valeur possible de $f(\beta)$, où $\beta=\frac{B}{n}$ tend vers zéro, est égale à $4\pi B e^{-B}$, de sorte qu'elle ne peut tendre vers zéro que lorsque B croît indéfiniment. Si l'on rejetait le condition que le maximum

à l'origine est unique, la valeur asymptotique du minimum de l'écart maximum, pour $\frac{B}{n} < |x| < 1$, serait un peu plus faible, à savoir $2e^{-B}$. Au contraire, le polynome $(1-x^2)^n$ ne tend vers zéro que pour $|x| > \frac{B}{\sqrt{n}}$.

3. Si $f(z)$ est un polynome de degré n de la variable complexe z, tel que $\text{Max}\,|f(le^{i\theta})| = 1$, la fonction $F(\alpha) = \text{Max}\,|f(\alpha l e^{i\theta})|$ est une fonction monotone qui satisfait, pour $\alpha < 1$, comme il est très facile de voir, aux inégalités

$$\alpha^n \leqq F(\alpha) \leqq \alpha,$$

qui imposent des limites beaucoup plus étroites que celles que nous donnent les formules (1) et (2) pour les polynomes monotones réels. Cela n'est pas étonnant, car $F(\alpha)$ est comparable en première approximation à une fonction *absolument* monotone; et d'ailleurs la fonction

$$\varphi(\rho) = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} |f(\rho e^{i\theta})|^2 d\theta$$

est effectivement *absolument monotone*, de sorte que l'on peut lui appliquer les résultats du deuxième Chapitre de mon Mémoire antérieur *Sur les fonctions absolument monotones*. Ainsi, en particulier : si, $f(z)$ étant une fonction régulière quelconque pour $|z| < R$, on connaît les valeurs $\varphi(\rho_1), \ldots, \varphi(\rho_n)$, où $R > \rho_1 > \ldots > \rho_n$, il existe toujours un polynome $P(z)$ d'ordre n [1], qui définira un polynome bien déterminé $\varphi_n(\rho)$ par les conditions que $\varphi_n(\rho_i) = \varphi(\rho)$, où $i = 1, 2, \ldots, n$; on aura de plus $\varphi_n(\rho) < \varphi(\rho)$, si $\rho > \rho_1$; $\varphi_n(\rho) > \varphi(\rho)$, si $\rho_1 > \rho > \rho_2$, etc., à moins que $f(z)$ ne soit elle-même un polynome d'ordre non supérieur à n, auquel cas on a identiquement $\varphi_n(z) \equiv \varphi(z)$.

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur une détermination expérimentale de la polaire d'un avion et d'un oiseau en vol.* Note de MM. **E. Huguenard**, **A. Magnan** et **A. Sainte-Laguë**, présentée par M. d'Arsonval.

Nous avons donné dans une Note antérieure [2] le principe de la méthode que nous avons imaginée pour déterminer la polaire des avions ou des

---

[1] On trouvera la définition de l'ordre à l'endroit cité.

[2] Huguenard, Magnan et Sainte-Laguë, *Sur la détermination cinématographique des polaires en vol des oiseaux, des planeurs et des avions* (*Comptes rendus*, 184, 1927, p. 802).

oiseaux en vol et qui consiste dans l'emploi d'une cinémitrailleuse à double objectif, donnant sur la même pellicule une image nette des mailles d'un cadre-repère situé à $2^{m},25$ du centre optique et d'un avion ou d'un oiseau évoluant dans les airs [1].

En ce qui concerne l'avion à moteur, le cas le plus favorable est celui où on lui fait décrire une trajectoire descendante, à pente et à vitesse constante, par vent nul, à condition que le souffle de l'hélice sur le fuselage soit annulé, ce que l'on obtient en employant un manomètre différentiel relié à deux trompes de Venturi placées l'une derrière l'hélice, l'autre en dehors de l'aile et en réglant le régime du moteur de façon que l'aiguille de ce manomètre soit au zéro.

Dans ces conditions, les formules à apppliquer pour avoir la valeur de la portance et de la résistance sont :

$$R_z = P \cos \beta,$$
$$R_x = P \sin \beta.$$

Il suffit alors de connaître le poids P de l'avion en vol et de déterminer grâce aux images cinématographiques l'angle β qui s'obtient en portant sur du papier millimétrique le quadrillage du cadre et les diverses positions du centre de gravité de l'avion (*fig.* 1). La droite qui joint ces centres fait avec l'horizontale un angle qui est justement β; on vérifie alors sur le dessin que cet angle est constant et que les distances qui séparent les différents centres de gravité, c'est-à-dire les vitesses de l'avion, sont aussi constantes.

Ceci fait, on recherche la valeur de l'angle τ en mesurant sur chaque image (*fig.* 1) l'angle que fait la ligne de foi de l'avion, par exemple son grand axe, avec l'horizontale. L'incidence i de l'appareil sur sa trajectoire est la différence entre l'angle β et l'angle τ.

Nous avons réussi par cette méthode à déterminer plusieurs valeurs de R_z et de R_x chez un de nos bons avions de chasse, en faisant décrire à celui-ci de nombreuses trajectoires à pente variable, par vent nul et hélice annulée, ce qui s'obtient pour un nombre de tours du moteur égal à 700 par minute environ. Nous avons déduit les valeurs de C_z et de C_x correspondantes, que nous avons portées suivant l'usage en ordonnées et en abscisses (*fig.* 2), ce qui nous a donné la polaire de cet avion.

---

(1) HUGUENARD, MAGNAN, PLANIOL, *Nouvelles expériences sur les conditions mécaniques du vol des avions* (*Bull. n°* 38 *du Service technique de l'Aéronautique*, décembre 1926, p. 31).

On constate que la finesse de cet appareil représentée par le rapport $\frac{C_z}{C_x}$ a un maximum sensiblement égal à 6. On peut en conclure que cet appareil pesant 930kg, muni d'un moteur de 180 CV et tiré par un propulseur rendant 80 pour 100, devrait atteindre une vitesse de 69m/s,6, c'est-à-dire 250km à l'heure.

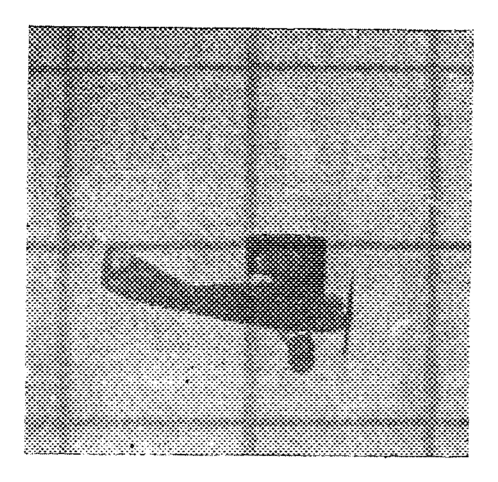


Fig. 1. — Image cinématographique de l'avion de chasse et du cadre-repère.

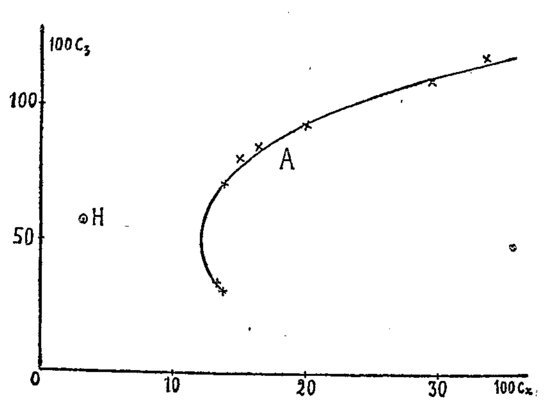


Fig. 2. — A, polaire d'avion de chasse; H, point de polaire d'hirondelle de fenêtre.

Or la vitesse mesurée par la même méthode cinématographique et par un appareil de bord, est très voisine de 200 km/h [1]. Cette discordance qui s'explique par l'incertitude existant sur la connaissance de la puissance du moteur en vol, du rendement de l'hélice soufflant sur le fuselage montre l'intérêt qu'il y aurait à préciser ces points.

En ce qui concerne l'oiseau, il faut, pour obtenir des valeurs de la portance et de la résistance, que celui-ci exécute un vol plané, sans battements d'ailes, par vent nul. Par les mêmes procédés et les mêmes formules que précédemment, on calcule R_z et R_x. Nous avons pu réussir à avoir un point de la polaire d'une hirondelle de fenêtre que nous avons porté sur la figure 2 (H). On voit que pour ce point la résistance est très faible et que la finesse de cet oiseau est, à cet angle de vol, égale à 19,5, c'est-à-dire plus de 3 fois plus grande que celle de l'avion de chasse précédent.

---

(1) HUGUENARD, MAGNAN, PLANIOL, *Nouvelles expériences sur les conditions mécaniques du vol des avions* (*Bull.* n° 38 *du Service technique de l'Aéronautique*, décembre 1926, p. 65).

SPECTROSCOPIE. — *Sur les spectres d'étincelle du sélénium et du tellure.* Note de MM. LÉON et EUGÈNE BLOCH, présentée par M. Villard.

Dans une Note récente [1] relative aux spectres du soufre et du sélénium nous avons indiqué pour la première fois que les spectres d'étincelle de ces éléments, tels qu'on les observe dans une décharge fortement condensée, comportent *deux* degrés d'excitation au moins, que nous avons rapportés à S II et S III d'une part, à Se II et Se III de l'autre. L'emploi de la décharge oscillante dans un tube sans électrode nous a permis de séparer très nettement les raies d'étincelle du premier ordre (raies longues) du soufre et du sélénium des raies d'excitation supérieure (raies courtes).

La même méthode a été appliquée au cas du tellure, dont le spectre est encore très imparfaitement connu, et nous a permis de séparer dans le spectre d'étincelle de cet élément *trois* degrés d'excitation successifs, qui doivent très probablement être rapportés aux atomes de tellure simplement, doublement et triplement ionisés. La notation des trois spectres que nous avons reconnus est donc Te II, Te III, Te IV, le spectre d'arc du tellure possédant la notation Te I.

Ce résultat nous a amenés à reprendre nos expériences sur le soufre et le sélénium en vue de rechercher si pour ces éléments le spectre d'étincelle du second ordre était le seul pratiquement observable, ou si, dans les conditions d'excitation où nous opérons, on peut également déceler les spectres S IV et Se IV.

Pour le soufre, nous n'avons reconnu avec certitude aucune raie appartenant à S IV, mais pour le sélénium le spectre Se IV est nettement développé dans l'ultraviolet, quelques-unes des raies intenses que nous avons données dans notre première Note comme raies d'excitation supérieure du sélénium appartiennent non à Se III, mais à Se IV. Il semble que dans la famille des éléments homologues de l'oxygène, comme dans la famille des halogènes, les spectres de haute excitation apparaissent d'autant plus aisément qu'on s'élève dans la suite des nombres atomiques.

Le tableau ci-après contient, à titre d'exemples, une liste de raies ultraviolettes intenses mesurées par nous dans le spectre Se IV et dans les trois spectres Te II, Te III et Te IV.

---

(1) Voir L. et E. BLOCH, *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 761.

Se IV.

3360,36	3088,24	3047,60	2849,74	2665,40
3282,87	3072,71	2983,42	2785,60	2638,08
3210,77	3059,91	2917,80	2724,24	2467,57
				2446,96

Te II.

3374,10	3053,17	2942,16	2802,53	2657,72
3362,83	3047,00	2937,90	2793,24	2649,80
3352,11	3034,62	2930,17	2778,08	2648,61
3329,25	3028,45	2928,23	2767,16	2642,09
3282,67	3023,29	2924,02	2753,64	2628,24
3278,77	3017,51	2919,96	2752,21	2625,12
3256,81	3012,05	2906,98	2740,37	2622,26
3232,63	3006,35	2895,49	2711,61	2591,35
3211,20	3004,87	2893,27	2703,54	2586,04
3194,41	2998,89	2869,72	2697,67	2579,24
3193,59	2995,67	2868,86	2695,55	2575,70
3160,63	2988,97	2861,03	2694,55	2573,14
3132,58	2985,47	2858,29	2691,90	2543,72
3125,91	2975,91	2846,14	2689,06	2438,80
3120,36	2973,69	2841,18	2684,52	2436,63
3104,41	2956,50	2839,02	2680,60	2401,81
3073,53	2955,55	2820,65	2662,11	2358,23
3063,18	2951,48	2818,70	2661,13	2343,83
				2336,15
				2304,29

Te III.

3365,17	3218,44	3076,57	2772,14	2499,75
3358,12	3213,30	3068,94	2761,12	2491,71
3340,07	3203,39	3050,01	2745,57	2481,22
3325,57	3188,31	3049,36	2726,36	2469,62
3323,06	3184,09	3008,78	2695,19	2451,94
3314,82	3172,14	2997,05	2679,85	2433,82
3313,85	3151,46	2983,24	2666,74	2426,39
3306,99	3145,18	2980,02	2642,87	2418,25
3294,25	3137,14	2977,21	2637,84	2411,38
3293,43	3129,49	2971,59	2635,55	2403,66
3287,96	3122,91	2959,43	2631,28	2396,51
3277,50	3117,99	2949,52	2612,30	2374,94
3268,84	3112,00	2933,12	2599,28	2367,00
3264,82	3107,10	2911,35	2577,57	2351,22
3260,95	3095,68	2880,41	2568,13	2350,12
3251,37	3095,30	2835,02	2559,71	2327,45
3233,36	3092,32	2797,00	2550,31	2320,09
3229,52	3089,73	2796,06	2530,07	2310,62
3225,37	3087,52	2791,95	2500,88	2239,50

Te IV.

3345,93	2827,20	2537,80	2485,24	2389,79
3128,74	2802,86	2533,05	2467,72	2372,86
3015,09	2751,59	2527,14	2452,53	2369,92
2977,94	2737,90	2524,90	2446,89	2332,32
2954,82	2724,25	2516,49	2434,35	2329,12
2925,37	2640,35	2499,22	2415,59	2286,71
2900,52	2581,05	2494,67	2412,06	2271,97
2831,48	2564,58	2490,33	2403,00	2265,02
				2261,66
				2226,07

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Préparation d'un tungstène-carbonyle par l'intermédiaire d'un magnésien.* Note de MM. **André Job** et **Jean Rouvillois**, présentée par M. G. Urbain.

L'un de nous, en collaboration avec M. Cassal ([1]), a préparé le chrome-carbonyle par fixation de l'oxyde de carbone sur le bromure de phénylmagnésium, en présence de chlorure chromique comme catalyseur.

Reprenant ces expériences avec l'hexachlorure de tungstène, nous avons pu isoler un carbonyle du tungstène dans les circonstances suivantes :

Dans un ballon tritubulé, muni d'un système d'agitation interne, refroidi à 0°, on introduit 20^g ($\frac{1}{20}$ mol) d'hexachlorure de tungstène anhydre et pur, 50^{cm^3} d'éther anhydre et 50^{cm^3} de benzine anhydre, pour dissoudre les éthérates de MgBrCl qui se forment dans la réaction.

Le ballon est muni en outre d'un thermomètre, d'une burette graduée pour introduire des quantités données de magnésien et d'un tube d'arrivée d'oxyde de carbone. L'appareil est purgé par de l'oxyde de carbone pur et sec et mis en communication avec un gazomètre rempli de ce gaz.

Le magnésien est introduit goutte à goutte pour éviter toute élévation de température car la réaction $WCl^6 + C^6H^5MgBr$ est fortement exothermique; la solution se colore aussitôt en brun rouge. L'addition de 250^{cm^3} de C^6H^5MgBr ($\frac{1}{2}$ mol) dure 4 heures. Dans aucun cas la température n'a dépassé 5°.

Après 6 heures d'agitation, l'absorption est terminée. Il est entré en réaction 6850^{cm^3} de CO ($0° - 760^{mm}$). Nous avons là encore le caractère d'une activation catalytique.

Nous avons hydrolysé et chassé par distillation l'éther de la solution qui a fixé l'oxyde de carbone. Vers la fin de l'opération, on voit apparaître, à la surface du

([1]) A. Job et A. Cassal, *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 392.

liquide, de magnifiques cristaux blancs, de forme lamellaire. Ces cristaux sont essorés sur Buchner et les eaux mères, reconcentrées, laissent déposer de nouveaux cristaux identiques. Après lavage à la benzine, ces cristaux représentent 1g,5.

L'analyse nous a révélé un tungstène carbonyle. Il se présente en cristaux incolores, très peu solubles dans l'alcool, l'éther et la benzine, à froid. Vers 50°, ils commencent à se sublimer, ce qui rend très difficile la détermination d'un point de fusion. Les acides HCl et NO^3H ordinaires, l'eau de brome ne les attaquent pas, NO^3H fumant les détruit immédiatement avec dégagement d'oxyde de carbone. L'eau ne les attaque pas.

Chauffés dans un tube à essais, les cristaux de tungstène-carbonyle se décomposent subitement vers 100° en laissant un miroir de tungstène métallique et un dépôt d'oxyde bleu de tungstène; à la sortie du tube, les vapeurs brûlent avec une flamme éclairante.

Nous avons fait l'analyse de ces cristaux. Le tungstène-carbonyle fut détruit par l'acide nitrique fumant pour doser le tungstène.

Dosage du W (calcination du nitrate tungstique et pesée de WO^3). Trouvé : 51,80 et 52,53 pour 100; calculé pour $W(CO)^6$: 52,27 pour 100.

Le CO fut dosé par combustion argento-sulfochromique [1].

Dosage de CO. Trouvé : 20,73 et 20,75 pour 100; calculé pour $W(CO)^6$: 20,45 pour 100.

Si l'on admet des rapports simples entre W et CO, la formule très probable pour le tungstène-carbonyle est $W(CO)^6$.

Nous signalons ici à nouveau la généralisation de cette méthode de préparation des métaux carbonyles. Ce même mode opératoire nous a permis, de plus, de préparer le molybdène-carbonyle $Mo(CO)^6$, déjà obtenu par L. Mond, H. Hirtz et M. Cowap, par action directe de CO sur Mo [2].

BOTANIQUE. — *Influence de l'ovule fécondé sur les tissus du fruit.* Note de Mlle **L. Remy**, présentée par M. L. Mangin.

Au cours de mes recherches concernant les mutations j'ai eu l'occasion de constater et d'étudier des cas où l'ovule fécondé a eu une influence sur une partie du fruit n'ayant aucune origine hybride possible. J'exposerai l'un de ces cas à titre d'exemple :

(1) Simon, *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 1816.
(2) *Journ. of the Chem. Soc.*, 27, 1910, p. 798.

Dans le but de provoquer des mutations dans les gamètes de fleurs de pois, des fleurs sur plusieurs pieds de la variété « Pois Mangetout Géant » (variété dont la stabilité et la pureté avaient été mises à l'épreuve, gousses très larges et dépourvues de parchemin, graines jaunes et à enveloppe noire, rouge ou brune avec pointillés violets) furent enfermées dans un cornet contenant une boulette de coton imbibée d'éther à deux reprises pendant chaque fois un quart d'heure, à 24 heures d'intervalle (plantes en pots placés dans un endroit assez peu ensoleillé).

Les graines engendrées par les organes reproducteurs de ces fleurs et leurs descendants présentèrent des mutations. En outre deux des plantes premières soumises à l'expérience portaient *une gousse assez large encore mais entièrement parcheminée* alors que les autres gousses nées sur les mêmes pieds étaient toutes sans parchemin et entièrement semblables aux gousses des plantes stables. Les graines récoltées dans ces gousses parcheminées furent plantées l'année suivante, deux seulement provenant de deux pieds distincts levèrent; elles donnèrent naissance à deux plantes offrant toutes les deux d'assez nombreuses mutations d'ailleurs différentes sur chaque pied. Ces deux plantes toutefois avaient *toutes leurs gousses entièrement parcheminées* et non plus larges mais étroites. L'enveloppe de toutes les graines avait perdu les couleurs rouge ou noire, elle n'avait conservé que les pointillés violets.

Le facteur génétique du caractère « gousse parcheminée » dont l'existence est attestée par le phénomène d'hérédité, facteur qui s'est formé dans un des gamètes des fleurs premières soumises à l'expérience, a donc influencé, par l'intermédiaire de l'embryon, les tissus, non hybrides et en voie de différenciation, des gousses issues de ces mêmes fleurs.

Le phénomène ne peut pas recevoir d'autre interprétation, en effet : il n'est pas dû à l'action permanente du milieu sur la gousse naissante car les autres gousses du même pied étaient complètement dépourvues de parchemin et, d'autre part, les fleurs desquelles les gousses parcheminées étaient sorties, avaient subi l'action des vapeurs d'éther seulement deux fois durant un quart d'heure chaque fois. Ce qui avait cependant suffi pour que la gousse soit d'emblée complètement parcheminée. Or, les gousses naissantes de la même variété, soumises à l'action des vapeurs d'éther, ne se doublent pas de parchemin si précoce que soit l'intervention expérimentale. D'autre part lorsque, sous l'action de l'éther, les mutations produites dans les gamètes de la fleur ne concernent pas le parchemin des gousses, les cosses de la plante soumise à l'expérience ne se parcheminent pas même si l'éther

a agi très tôt sur le bouton floral. Par ailleurs nous avons dit que la stabilité et la pureté de la variété considérée avaient été mises à l'épreuve, il n'y a donc pas eu de séparation d'hybridité. Il reste à examiner l'hypothèse d'une mutation somatique de la cosse coïncidant avec une mutation génétique dans les gamètes. Mais dans le cas où l'action qui provoque une mutation est de *courte durée*, la mutation somatique n'atteint jamais ni l'étendue ni l'intensité observées.

Cependant en croisant un individu mutant de la variété étudiée possédant le caractère « gousse parcheminée » avec un individu stable et primitif de la même variété, je n'ai pas constaté le phénomène de xénie. Comment expliquer que l'influence de l'ovule hybride se manifeste dans un cas et pas dans l'autre? Voici ce que j'ai noté à ce sujet :

Lorsque le facteur génétique nouveau se forme, comme c'est le cas le plus fréquent, dans un gamète seulement du zygote, la réaction du nouveau facteur (réaction visible sur le fruit xénié) l'emporte souvent sur celle de son allélomorphe opposé d'une manière plus marquée à la génération où la mutation n'apparaît qu'aux générations suivantes. Il semble que, dans les conditions qui provoquent l'apparition d'un nouveau caractère, la formation de ce dernier soit favorisée (action du milieu intérieur et extérieur) et que, dans ces mêmes conditions, le facteur génétique correspondant à ce caractère ait lui-même une réaction plus intense, l'effet total paraissant dû au concours de ces deux causes qui mutuellement se renforcent.

L'influence de l'ovule fécondé sur les tissus carpellaires est loin pourtant d'accompagner toujours la mutation, mais elle l'accompagne néanmoins de temps en temps.

On sait que le phénomène de xénie véritable est plus ou moins contesté parce que la plupart des auteurs considèrent qu'il n'a pas été suffisamment établi. Il est vrai que beaucoup d'observateurs l'ont constaté sur des hybrides et que dans ces cas la xénie pouvait être confondue avec l'hybridité disjointe.

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *Origine, parcours et torsion des faisceaux libéroligneux inverses du* Cladium Mariscus *R. Br.* Note de M. **A. Guichard**, présentée par M. L. Mangin.

Dans une Note précédente [1], j'ai signalé l'existence de faisceaux libéroligneux à orientation inverse dans la feuille végétative adulte du *Cladium*

[1] A. Guichard, *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 509.

Mariscus R. Br. J'indique ci-après : leur lieu d'origine, les traits principaux de leur différenciation longitudinale et transversale, leur comportement au cours de leur passage de la feuille dans la tige.

Les trois faisceaux qui apparaissent d'abord dans une jeune ébauche foliaire sont : 1° le médian (M, *fig.* 1), correspondant à la nervure médiane de la feuille; 2° deux latéraux (L, *fig.* 1), situés vers le milieu de chaque moitié du limbe. C'est vis-à-vis

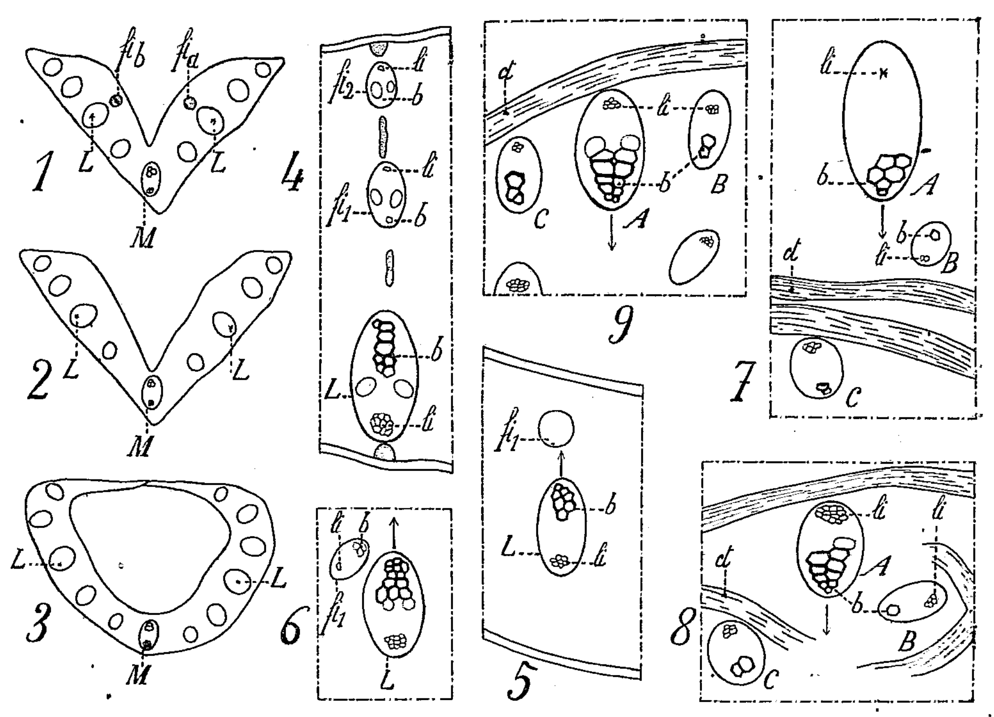


Fig. 1 à 9 : *Cladium Mariscus* R. Br. — Fig. 1 à 3 : Sections transversales d'une jeune feuille, dans le limbe (coupes 6, lame 4, et 54, lame 3) et dans la gaine (c. 25, l. 3). Série de coupes microtome du 30 juillet 1928; $\times \frac{100}{2}$. — Fig. 4 à 6 : Portions de la section transversale du limbe, de la gaine et de la tige correspondant à trois niveaux d'un même faisceau latéral appartenant à une feuille plus âgée (coupes 50, lame 10; 3, l. 3; 32, l. 2, de la même série); $\times \frac{200}{2}$. — Fig. 7 à 9 : Portions de la section transversale de la tige correspondant au même latéral foliaire A, à trois niveaux de plus en plus inférieurs (coupes 60, 24 et 7, lame 1, de la même série); $\times \frac{200}{2}$. — *b*, bois; *li*, liber; *ct*, cordons procambiaux transverses. La flèche indique, dans tous les cas, la direction du centre de la tige.

de ceux-ci que se montrent les deux cordons procambiaux (fi_a et fi_b, *fig.* 1) destinés à devenir les deux premiers faisceaux inverses de la feuille, mais seulement après que les principaux faisceaux normaux ont apparu et commencé leur différenciation libéro-ligneuse (*fig.* 1). Leur lieu d'origine est dans le limbe, à une distance notable au-

dessus du nœud de la jeune feuille. Ainsi, pour la feuille représentée dans les figures 1 à 3 et dont la hauteur totale correspond à 290 coupes d'environ 6µ d'épaisseur, le cordon fi_a est reconnaissable seulement sur une hauteur correspondant à 40 coupes; son extrémité inférieure apparaît à environ 35 coupes au-dessus du nœud. De même, le même cordon fi_2 (*fig.* 4), présent dans le limbe d'une feuille plus âgée, n'atteint pas la base de cette feuille (*fig.* 5). En considérant des cordons *fi* de plus en plus âgés, on constate qu'ils se différencient progressivement, à partir de leur lieu d'origine, d'une part vers le sommet du limbe, d'autre part vers la tige, où ils ne tardent pas en général à venir prendre place parmi les faisceaux normaux.

La différenciation libéro-ligneuse des faisceaux inverses débute sensiblement dans la même région que la différenciation procambiale; elle progresse ensuite vers le bas; mais, l'existence de la région méristématique basilaire, qui assure la croissance en longueur de la feuille, fait que les cordons demeurent longtemps à l'état procambial dans cette région, alors qu'au-dessus, dans la feuille, et au-dessous, dans la tige, la différenciation libéro-ligneuse est déjà nettement accusée. Ainsi, le cordon fi_1 a déjà ses premiers éléments conducteurs reconnaissables dans le limbe (*fig.* 4) et dans la tige (*fig.* 6), alors qu'à la base de la gaine (*fig.* 5), il est encore entièrement procambial.

En suivant, à partir de son entrée dans la tige, un faisceau inverse déjà pourvu d'éléments libériens et ligneux différenciés, on constate qu'il subit une torsion de 180° ayant pour résultat de l'amener à une orientation normale. C'est le cas du faisceau B, inverse opposé au faisceau A dans la feuille; les figures 7 à 9 le représentent dans trois positions différentes par rapport aux faisceaux normaux A et C, à des niveaux de plus en plus inférieurs dans la tige.

Ainsi les faisceaux inverses de la feuille du *Cladium Mariscus* fournissent un nouvel et remarquable exemple : 1° de la différenciation basipète d'un cordon procambial, de la feuille dans la tige; 2° de la progression basipète de la différenciation libéro-ligneuse le long de ce cordon; 3° de la rotation effective de la ligne de différenciation libéro-ligneuse sur le trajet d'un faisceau dans la tige (1).

ALGOLOGIE. — *Sur les organes reproducteurs de* Caulerpa prolifera. Note de M. **Rodolphe Dostál**, présentée par M. L. Mangin.

Sans doute, c'est à cause de la période de formation très courte, ainsi que du nombre très petit d'individus fertiles, qu'on n'a pas réussi, jusqu'à présent, à trouver les organes de reproduction dans la famille des Cauler-

(1) P. Bugnon, *Comptes rendus*, 157, 1913, p. 897; 174, 1922, p. 1484.

pacées, et qu'il existe des auteurs qui regardent cette découverte comme tout à fait problématique [Reinke (1)].

En examinant à ce point de vue des quantités considérables de *Caulerpa prolifera*, apportées presque journellement de divers endroits de la baie de Villefranche-sur-Mer, j'ai constaté l'existence de ces organes en 1927 (du 25 août au 18 septembre) et en 1928 (du 22 août jusqu'au jour de l'envoi de cette Note, 15 septembre). Par contre, en 1925 les recherches aussi assidues, mais exécutées du 23 septembre au 2 décembre, restèrent sans résultat. Même à l'époque favorable, rares sont les jours où les plantes fertiles apparaissent relativement nombreuses (5 pour 100) par rapport à la quantité beaucoup plus considérable des individus stériles, présentant d'ailleurs la même forme et la même vigueur.

On reconnaît les plantes fertiles à de petites papilles disséminées souvent en grand nombre sur la surface des frondes, dont la formation est précédée par l'apparition d'autant de petites taches blanches. Après 1 ou 2 jours les papilles sont définitivement constituées; elles mesurent près de 1^{mm} de longueur et $0^{mm},1$ de diamètre en moyenne. Bientôt, à cause du déplacement du contenu entier dans cette cellule énorme, les stolons, de même que les parties marginales des frondes, parfois aussi les pédoncules, blanchissent, tandis que le reste du limbe montre un réseau fin du protoplasma coloré en vert, semblable à celui qu'on connaît chez d'autres Algues en voie de fructification; les mailles du réseau et les parties qui entourent les bases des papilles deviennent également complètement blanches. Ces changements internes déterminent l'ouverture des papilles (de minuit à 4^h du matin) et la sortie d'une portion du contenu blanc qui se gonfle dans l'eau en une boule gélatineuse de 1^{mm} de diamètre environ qui reste attaché au sommet des papilles éclatées. Dès ce moment, les plantes perdent leur turgescence et se flétrissent; le réseau vert commence à disparaître, tandis que deviennent visibles les taches de couleur vert noirâtre, plus étendues, qui indiquent les endroits, dans ce thalle sans cloison, où les spores s'accumulent en grande quantité. Les spores paraissent s'échapper par les ouvertures surtout dans les parties basilaires des limbes. Elles peuvent être mises en liberté par la suite de la décomposition des plantes fertiles qui se produit très rapidement, de sorte qu'au bout de 3 à 5 jours on ne trouve que des débris des stolons des individus ayant eu parfois 1^m de longueur, sans compter les stolons latéraux.

On doit considérer, par conséquent, les frondes de ces exemplaires comme les organes reproducteurs produisant, aux dépens du réseau protoplasmique vert, des spores de $4\text{-}5^{\mu}$ de longueur environ, piriformes, portant à leur pointe effilée deux cils 2-2 $^1/_2$ fois plus longs que le corps, contenant dans la partie renflée un chloroplaste asymétrique et une tache pigmentaire. Quand elles sont complètement formées, elles se meuvent activement dans l'eau. Aucune copulation n'a pu être observée entre ces

(1) *Wiss. Meeresuntersuch.*, Abt. Kiel, O. F. 5, 1900, p. 70.

corps provenant de diverses frondes d'un même individu ou des exemplaires différents; il s'agit ainsi, très probablement, de zoospores, étant donné qu'il n'a pas été possible de trouver d'autres produits dans plus de 70 plantes vivantes examinées, possédant chacune plusieurs (jusqu'à 50) frondes, avec des prolifications encore plus nombreuses. Les cultures ayant pour but de préciser la nature de ces cellules sont en train.

Les essais avec les plantes devenues fertiles dans mes cultures démontrent l'importance capitale du stolon, car les frondes séparées du stolon quelques jours avant l'apparition des papilles, par la pression localisée à leur base, restent stériles. Chez la forme petite de *Caulerpa*, décrite par moi (¹), on réussit parfois, encore après la formation des papilles, à renouveler l'accroissement végétatif, qui généralement cesse dès la première apparition des papilles, c'est-à-dire dès le début de la reproduction. Les résultats de mes recherches sur ce sujet seront relatés avec plus de détails dans un mémoire plus étendu.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Le maintien des graines dans un milieu privé d'oxygène comme moyen de prolonger leur faculté germinative*. Note de M. **A. Guillaumin**, présentée par M. H. Lecomte.

D'une part, c'est un fait qui paraît prouvé depuis les expériences de C. J. Romanes (²) et de P. Becquerel (³) poursuivies pendant 12 et 13 mois que « l'azote n'a aucune influence sur la faculté germinative des graines... » puisque chez les graines, même décortiquées, le taux germinatif est sensiblement le même que celui des graines témoins. De l'autre, je pense avoir clairement démontré par une expérimentation poursuivie pendant plus de 12 ans que le vide était un moyen de prolonger la faculté germinative des graines. Il semblait donc logique de supposer qu'en maintenant des graines dans une atmosphère dont on aurait éliminé l'oxygène on pourrait prolonger leur faculté germinative (⁴).

Comme matériel d'étude, j'ai utilisé des graines de Soja (*Glycine Soja* Sieb. et Zucc., *Soja hispida* Mœnch) parce que ces semences, abondamment huileuses, ne conservent leur pouvoir germinatif que pendant quelques années, ce qui limite ainsi la durée de l'expérience. La technique était

(¹) *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 1298.
(²) *Proceed. Roy. Soc.*, 54, 1893, p. 335.
(³) *Ann. Sc. nat. Bot.*, 9e série, 5, 1907, p. 275.
(⁴) *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 1737.

beaucoup plus simple que pour réaliser le vide, car point n'était besoin d'utiliser une trompe à mercure; un simple flacon renfermant du sodium métallique relié par une tubulure en verre au récipient (tube) contenant les graines et une lampe à sceller suffisaient.

Comme témoins, j'ai employé des graines conservées dans un sachet de papier au fond d'un placard sec et obscur et d'autres maintenues dans le vide. Toutes, récoltées en octobre 1922, ont été semées en juillet 1928.

Le taux germinatif a été le suivant :

	Pour 100.
Graines conservées à l'air............	0
Graines conservées dans une atmosphère privée d'oxygène..................	92
Graines conservées dans le vide........	100

Ces deux derniers pourcentages sont pratiquement très comparables et l'on peut en conclure que le *maintien des graines dans une atmosphère privée d'oxygène est un moyen aussi efficace que le vide pour prolonger la faculté germinative des graines, mais bien plus facile à réaliser en dehors du laboratoire, puisqu'il ne demande aucun appareillage et seulement un produit qui se trouve chez tous les marchands de produits chimiques.*

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Observations sur le métabolisme de l'*Ustulina vulgaris *L.* Note de MM. **Wünschendorff** et **Ch. Killian**, présentée par M. A. Desgrez.

Dans une Note précédente, l'un de nous a signalé, chez l'*Ustulina vulgaris*, la production d'excavations, dans les milieux gélosés [1]; celles-ci laissent exsuder un liquide qui est une solution très diluée d'oxalates alcalins. Mais le Champignon forme encore d'autres produits de dégradation.

En vue de les déceler et d'isoler, en même temps, un mycélium normal, nous avons cultivé l'*Ustulina* dans des flacons d'Erlenmeyer, sur des plaques de coton couvertes de rondelles de papier filtre, imbibées de 25^{cm^3} d'une solution nutritive.

Le champignon se contente, comme source à la fois de carbone et d'azote, de gélatine à $0^g,20$ pour 100 qu'il liquéfie, mais non de caséine à $1^g,00$ pour 100. En prenant comme telle de la peptone à $1^g,00$ pour 100 et comme substances minérales du $MgSO^4$

(1) Ch. Killian, *Observations sur* Ustulina vulgaris *cultivé en milieux artificiels* (*Bull. Soc. Myc. France*, 43, 1927, p. 35).

à $0^g,20$ pour 100 et du K^2HPO^4 à $0^g,20$ pour 100, il donne, dès la troisième semaine, un abondant mycélium purement végétatif.

Les solutions, neutres au début, deviennent acides dès les premiers jours, puis alcalines.

1° CULTURES SUR PEPTONE, ASPARAGINE, URÉE ET $(NH^4)^2SO^4$. — Sauf avec ce dernier sel, le champignon produit de *l'ammoniac gazeux, dissous et combiné*. *Disparition des réactions du biuret*, de la cystine, de la tyrosine et du tryptophane. Le Tableau I indique la quantité en milligrammes de NH^3 gazeux produit pendant 24 heures dans une atmosphère préalablement privée d'ammoniac par un courant d'air pur. Les dosages ont été poursuivis pendant 4 mois.

TABLEAU I. — *Cultures.*

Départ : 20 janvier.

Dosages.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
8 février	0,24	0,19	-	-	-	-	-
17 »	0,26	0,39	-	-	-	-	-
25 »	-	-	0,31	0,24	0,19	-	-
15 mars.........	0,67	1,36	0,38	-	-	0,54	0,48
24 »	-	-	-	1,10	0,98	0,56	-
3 avril.........	0,63	1,66	-	-	0,97	-	1,66
18 »	0,25	-	-	-	-	0,87	1,46
6 mai..........	0,98	-	-	-	-	0,63	0,75
4 juin..........	0,59	-	-	-	-	-	0,49

Donc : *accroissement continu de la production d'ammoniac, maximum, puis descente rapide*; deuxième maximum dans la culture I. On peut attribuer cette hausse finale, avec Molliard (1), à une nécrobiose du champignon, due à l'activité continue d'un enzyme ammoniacal.

De toute façon, *même pendant la période de vie active, la production de* NH^3 *par le champignon paraît élevée*; nos valeurs relatives à cette formation de NH^3 sont difficilement comparables à celles indiquées dans la littérature. Pour établir ce parallèle, il faudrait tenir compte des différences de composition des milieux, de la croissance des champignons et aussi de la technique suivie.

---

(1) MOLLIARD, *Sur la formation d'ammoniaque par les tissus végétaux privés d'oxygène* (*Bull. Soc. Bot. France*, 56, 1909, p. 332).

2° TABLEAU II. — *Rapport entre le poids sec et la production de* NH^3.

Dosages.	Poids sec en mg.	NH^3 (24^h) en mg.
Départ : 29 mars.		
21 avril	78	0,22
22 »	58	0,20
25 »	81	0,56
27 »	63	0,37
29 »	153	1,30
4 mai	92	1,67
16 »	44	0,34
14 »	27	0,29
Départ : 25 avril.		
21 mai	26	0,54
19 »	45	1,33

Donc : *aucun rapport entre le poids sec et l'ammoniac dégagé*. On pourrait interpréter ces variations par l'action de la température qui n'avait pas été maintenue constante dans ces essais. L'apparition plus ou moins précoce des conidies n'intervient pas, comme l'ont supposé d'autres chercheurs pour des cas analogues.

3° Ces cultures ne renferment ni *indol*, ni *aldéhydes*, ni *acétone*; mais des sels *ammoniacaux*, des *acides aminés*, de l'*urée* et de la *créatinine*.

4° En présence d'hydrates de carbone (glucose, lactose, maltose, saccharose, inuline), il y a production d'acides *oxalique*, *lactique*, *citrique*, *malique*, *succinique*. L'acide *glycuronique* apparaît en proportions souvent considérables, mais variables avec les sucres.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'action réductrice exercée par des Champignons des genres* Fusarium *et* Verticillium, *parasites des vaisseaux du bois*. Note de MM. **J. Bordas** et **P.-H. Joesse**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

L'action réductrice, exercée par un certain nombre de Champignons Hyménomycètes sur un milieu de culture synthétique additionné de bleu de méthylène a été mise nettement en évidence par Lutz (¹). Étudiant au

(¹) *Sur les ferments solubles sécrétés par les Champignons Hyménomycètes, actions réductrices* (*Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 246-247).

point de vue des actions biochimiques un certain nombre de Champignons très différents du groupe des *Imperfecti*, auxquels sont attribués des dépérissements et flétrissements chez un certain nombre de végétaux, tant ligneux qu'herbacés, et qui se trouvent localisés dans le système vasculaire, notre attention a été de suite attirée par le pouvoir réducteur qu'ils étaient susceptibles de posséder.

Indépendamment, en effet, des lésions immédiatement perceptibles que ces Champignons des genres *Fusarium* et *Verticillium* exercent, en provoquant l'oblitération des vaisseaux du bois par la formation de thylles et la sécrétion de substances gommeuses, ils semblent encore susceptibles d'agir à distance sur les feuilles en fabriquant des produits toxiques.

En particulier, Rosen pense que l'action néfaste, ainsi exercée par le *Fusarium vasinfectum*, est due surtout à la réduction des nitrates de la sève en nitrites toxiques pour la cellule vivante. Dufrénoy constate *in vitro* la production de nitrites aux dépens des nitrates par des *Verticillium* isolés de Pruniers et d'Abricotiers dépérissants.

Désirant mettre en évidence leur pouvoir réducteur, nos recherches ont porté sur les Champignons suivants :

Fusarium vasinfectum Atk.
Fusarium eumartii Carp.
Verticillium albo-atrum Reinke et Berth.
Verticillium Dahliæ Kleb.
Verticillium Lycopersici Pritchard et Porte.

A cette liste nous avons joint un *Verticillium* différent, non encore identifié et isolé par nous, du bois d'un jeune Pêcher chlorotique et dépérissant. A titre comparatif, nous avons cultivé en plus les Champignons lignicoles suivants, du groupe des Hyménomycètes déjà étudié par Lutz :

Polyporus fulvus Fr.
Stereum hirsutum var. *necator* Viala.
Schizophylium commune Fr.

Ces Champignons ont été ensemencés sur milieu de Richard gélosé (nitrate de potassium, 10^g; phosphate de potassium, 5^g; sulfate de magnésium, $2^g,5$; sucre de canne, 50^g; eau distillée, 1000^{cm^3}) additionné d'une goutte par 5^{cm^3} du milieu d'une solution de bleu de méthylène à 0,125 pour 100.

Les tubes contenant 10^{cm^3} du milieu de culture ont été placés à l'air libre à une température de 25°.

La décoloration du bleu de méthylène, accompagnée d'un virage au vert, se manifeste déjà au bout de 3 jours dans les tubes où ont été ensemencés *F. eumartii* et *F. vasinfectum;* le virage étant particulièrement net avec cette dernière espèce.

La décoloration du milieu se produit également, mais au bout de 5 jours et avec virage au vert moins sensible, dans les tubes contenant les quatre espèces de *Verticillium*.

Les tubes à *S. necator* et *P. fulvus* montrent au bout d'une dizaine de jours un léger virage au lilas qui s'accentue peu à peu.

Après un mois, le milieu de culture est complètement décoloré dans les tubes contenant *V. Dahliæ*, *V. albo-atrum*, *V. Lycopersici*, *V. sp.* isolé du Pêcher, *F. eumartii*. Une légère coloration verte subsiste encore dans les tubes, où a été ensemencé *F. vasinfectum*. Le milieu de culture des tubes à *P. fulvus* et *S. necator* est nettement coloré en lilas par suite de réoxydations secondaires. *S. commune* n'a provoqué aucune réaction sensible.

De cet essai, nous semble ressortir l'existence d'une action réductrice très énergique exercée sur le milieu de culture par les *Fusarium* et *Verticillium* étudiés. Cette action paraît nettement plus sensible que celle que présentent *Polyporus fulvus*, *Stereum necator* et probablement la plupart des Hyménomycètes étudiés par Lutz, puisqu'elle se manifeste presque immédiatement après le départ de la culture et aboutit assez rapidement à la transformation complète du bleu de méthylène en sa leucobase.

La séance est levée à 15^h20^m.

E. P.

ERRATA.

(Séance du 2 juillet 1928.)

Note de M. *G. Guittonneau*, Sur un bacille sporulé fonctionnant comme ferment lactique thermophile :

Page 70, ligne 14, avant les mots peptone Defresne, 15^g, *lire* sulfate d'ammonium, 2^g.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 8 OCTOBRE 1928.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE HAMY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Charles-Eugène Guye**, Correspondant de l'Académie, Professeur à l'Université de Genève; à M. **Pedro T. Vignau**, Membre de l'Académie des Sciences, Professeur à l'Université de Buenos-Ayres, et à M. **A. Garcia Bancs**, Professeur de Chimie organique à Barcelone, qui assistent à la séance.

GÉOLOGIE. — *Découverte de la faune de Mammifères burdigaliens des sables de l'Orléanais dans le Haut-Armagnac.* Note de MM. **Ch. Depéret** et **J. Viret**.

Le bassin du Sud-Ouest est l'un des plus riches bassins tertiaires de la France au point de vue de la succession des faunes de Mammifères terrestres depuis l'Éocène moyen jusqu'à la fin du Miocène. L'époque Miocène en particulier correspond à un remblaiement de plusieurs centaines de mètres d'épaisseur de couches laguno-lacustres et continentales, *mollasses* et *calcaires*, à peine interrompues par une transgression de la mer *Helvétienne*, qui, venant de l'Atlantique, a poussé un golfe étroit, finissant en pointe un peu à l'est de la vallée du Gers.

Dans ce *bassin sous-pyrénéen*, les étages se succèdent du Nord au Sud avec une légère pente vers les Pyrénées. Dans l'étage *Helvétien* se montre, un peu au sud d'Auch, l'horizon célèbre de la *faune de Sansan*, auquel fait suite un peu plus au Sud l'horizon plus jeune (*Tortonien*) de la faune de Simorre et de Villefranche d'Astarac; plus loin encore vers le Sud, appa-

raît à Saint-Gaudens et à Montrejeau une faune terminale du Miocène moyen (étage Sarmatien). Enfin, au pied même des Pyrénées, se montre la faune du Miocène supérieur (étage Pontien) dans les lignites d'Orignac.

A cette magnifique succession de faunes Miocènes, il manquait un terme important, la faune du Miocène inférieur ou étage *Burdigalien*, c'est-à-dire la faune des sables de l'Orléanais.

Pourtant, dès 1907, notre éminent collègue de Bâle, M. Stehlin, déterminait (*Bull. Soc. géol. France*, 4e série, 7, p. 528) une espèce caractéristique du Burdigalien inférieur, le *Brachyodus onoideus* sp. Gerv., d'après une mâchoire avec les quatre dernières molaires, recueillie par Noulet dans les mollasses de Bonrepos (Haute-Garonne) et conservée au Musée de Toulouse, où nous avons pu à notre tour l'examiner; mais cette observation était restée isolée.

Il y a quelques mois, l'un de nous recevait de notre confrère le professeur Cuénot un lot d'ossements et de dents apporté à Nancy par le Dr Lalanne, qui séjourne en été dans l'Armagnac. Ces pièces lui avaient été remises par M. Cadéot, vétérinaire à Saint-Mézard, qui s'occupe avec ardeur de recherches scientifiques dans sa région. Elles provenaient d'une sablière exploitée irrégulièrement auprès du village de La Romieu (Gers). Nous n'eûmes pas de peine à reconnaître la faune du Burdigalien supérieur de l'Orléanais, bien caractérisé par la *mutation* de petite taille de l'*Anchitherium aurelianense*, par le *Teleoceras aurelianensis*, le *Procervulus*, etc. Forts de cette importante constatation, nous nous sommes rendus dans le Gers où nous avons entrepris une fouille, facilitée par l'intervention de M. Cadéot et de M. Céceille, propriétaire du terrain.

La fouille pratiquée sur une surface de 16^{m^2}, à 6^m de profondeur, a rencontré, au-dessous de $2^m,50$ de *limon*, des *sables blancs*, en stratification entre-croisée, sur $3^m,50$. C'est dans les couches inférieures du sable et dans les lits gréseux de la base de la formation, reposant sur une couche d'argile, que se rencontrent en abondance les ossements fossiles burdigaliens, dont la liste raisonnée sera donnée plus loin.

Mais, il est d'abord nécessaire de donner une idée générale de la géologie du Haut-Armagnac et de préciser le niveau stratigraphique de la faune.

Le meilleur point de repère inférieur est le *calcaire blanc de l'Agenais*, autrefois rapporté à l'Aquitanien inférieur et rattaché aujourd'hui au Stampien supérieur ou *Chattien*. De la région d'Agen, ce calcaire, plongeant légèrement sur le Sud, arrive vers Lectoure à peu près au niveau de la

vallée du Gers, à la cote 87-90^{m}. Il est recouvert par des mollasses argileuses de l'Aquitanien moyen (*horizon laguno-marin de Bazas*), que couronne à la cote 110 une bande peu épaisse de calcaire grumeleux blanchâtre et jaunâtre, occupant la place du *calcaire gris de l'Agenais*, c'est-à-dire l'Aquitanien supérieur. Par-dessus commence la puissante série Miocène laguno-lacustre : ce sont d'abord des mollasses argileuses surmontées bientôt de marnes blanchâtres passant progressivement à la belle table subhorizontale du *calcaire de Lectoure* qui forme des plateaux étendus des deux côtés de la vallée du Gers, et dont le sommet atteint l'altitude de 180-182^{m}.

C'est sur l'entablement de ce plateau que reposent les *sables blancs à Mammifères*, à stratification entre-croisée, d'origine fluvio-lacustre, qui ont dû former une assise continue, aujourd'hui démantelée en buttes isolées de toutes formes et de toutes grandeurs. Le démantèlement a dû suivre de peu le dépôt de ces sables, car la mer Helvétienne en transgression est venue déposer ses *sables fauves à Ostrea crassissima* dans les intervalles qui séparent les buttes des sables blancs, comme cela est bien visible un peu à l'est de Lectoure, à la métairie Lauba. Il faut noter que les sables marins reposent directement sur le calcaire de Lectoure, sans recouvrir nulle part les sables blancs fluviatiles.

A l'heure actuelle les buttes des sables blancs sont recouvertes partout d'un manteau continu de limon, nommé *boulbène* dans le pays, d'âge pliocène ou quaternaire (marqué a^{1} sur la feuille géologique de Lectoure), qui ne laisse apparaître nulle part les sables sous-jacents. Il faut, pour atteindre ces sables, traverser ce limon, souvent épais de 2^{m} et même davantage.

Aussi n'est-il pas étonnant que les gisements de Mammifères fossiles des sables blancs soient restés si longtemps inconnus. Pourtant quelques vagues indications ont été déjà publiées. Dès 1900, Vasseur avait signalé dans l'exploitation de sables blancs, à 3^{km} à l'est de Lectoure, à la cote 211, des débris de Mammifères, de Crocodiles et de Tortues, le tout sans détermination. En 1925, M. Astre, dans une intéressante Note ([1]), indiquait aussi la découverte qu'il avait faite d'un gisement de Mammifères à 180^{m} d'altitude, dans les couches supérieures du plateau calcaire de la rive gauche du Gers, au sud-est du village de La Romieu. Le magnifique gisement découvert par M. Cadéot, et qui fait l'objet de cette Note, se trouve également dans une de ces buttes de sables blancs surmontés de limon, au nord du même village

([1]) *Bull. Soc. hist. nat. de Toulouse*, 53, 1925, p. 188.

de La Romieu. Dans notre fouille du mois d'août dernier, nous y avons recueilli des débris plus ou moins entiers de 16 espèces de Mammifères fossiles, dont la liste est la suivante :

I. Proboscidiens. — 1. *Mastodon angustidens.* Cuv. Dents généralement de petite taille, moins grandes que celles de Sansan.

II. Rhinocérides. — 2. *Teleoceras aurelianensis* Nouel. Dents nombreuses et os des pattes brachypodes. Taille le plus souvent intermédiaire entre le type du *T. aurelianensis* et le *T. brachypus* du Miocène moyen. — 3. *Acerotherium aff. platyodon* Mermier. Espèce burdigalienne du Royans.

III. Équidés. — 4. *Anchitherium aurelianense* Cuv. Mutation de faible taille, identique à la forme *type* de l'Orléanais.

IV. Suilliens. — 5. *Listriodon latidens* Biederman. Type *bunodonte* plus petit que le *L. Lockharti* de l'Orléanais. — 6. *Palæocherus cf. Waterhousi* Pomel. Mutation burdigalienne un peu forte de l'espèce aquitanienne.

V. Ruminants. — 7. *Dorcatherium Cadeoti* n. sp., Mutation de petite taille du *D. crassum* de Sansan. — 8. *Procervulus dichotomus* sp. Gerv. (= *Antilope dichotoma* Gerv.; *Procervulus aurelianensis* Gaudry). — 9. *Palæomeryx Kaupi* v. Meyer. — 10. *Palæomeryx* plus petit, de la taille du *Dremotherium Feignouxi.* — 11. Très petit Ruminant représenté seulement par des métapodes. Il s'agit soit d'un petit *Amphitragulus*, soit d'un *Lagomeryx.*

VI. Cœnothéridés. — 12. *Cainotherium* sp. Une seule demi-molaire.

VII. Rongeurs. — 13. *Prolagus Meyeri* Tschudi, petite mutation. — 14. *Steneofiber Depereti* Mayet.

VIII. Carnassiers. — 15. *Felis* sp. Une seule carnassière supérieure privée du talon interne; plus forte que *F.-Zitteli* de La Grive.

IX. Insectivores. — 16. Une seule prémolaire d'assez grande taille.

Il faut signaler en outre de nombreuses dents de Crocodiliens et des Tortues, dont une *Testudo* de très grande taille.

Cette faune appartient sans conteste au Burdigalien, comme l'atteste le grand nombre d'espèces et surtout de *mutations* de petite taille, communes avec la faune des sables de l'Orléanais. Nous noterons toutefois l'absence jusqu'à ce jour du *Brachyodus onoideus*, qui, selon la remarque de M. Stehlin, paraît caractériser un niveau ancien du Burdigalien. La faune de La Romieu nous semble donc appartenir à la partie supérieure de cet étage, ainsi que le confirme la situation stratigraphique très élevée des sables fossilifères dans le Burdigalien du Haut-Armagnac.

Cette importante découverte paléontologique va permettre de délimiter sur les feuilles géologiques de la région un étage Burdigalien dont l'épaisseur dans le Lectourois n'est pas inférieure à 70^{m}.

PHYSIQUE. — *Sur l'extraction du krypton et du xénon de l'air et des gaz dissous dans l'eau.* Note de M. **Georges Claude**.

La Note de M. A. Lepape (¹) sur l'isolement du krypton et du xénon de l'air atmosphérique a confirmé qu'en dépit de l'extrême rareté de ces gaz, il n'est pas impossible de penser à les obtenir en quantités appréciables en mettant à profit la puissance des moyens industriels actuels de liquéfaction de l'air.

Depuis de longues années, j'ai fait moi-même, dans le même sens, beaucoup d'efforts — auxquels s'attache le souvenir de mon jeune collaborateur Ribaud, disparu, ainsi qu'on se le rappelle, au cours de nos essais.

Grâce au dévouement de mes collaborateurs MM. Le Rouge et Gomonet, M. Létang et Mlle Tranchat, grâce aussi aux enseignements que j'ai trouvés dans les travaux de M. Lepape, je suis enfin parvenu à l'heureux aboutissement de ces travaux.

Ceux-ci ont été constamment guidés par la même idée qui m'a dirigé dans mes travaux antérieurs sur l'extraction des autres gaz rares de l'air : obtenir le krypton et le xénon en les extrayant, non pas d'air spécialement traité à cet effet, mais, comme de simples sous-produits, des appareils industriels à oxygène ou à azote — en s'arrangeant pour que rien ne soit changé au fonctionnement de ceux-ci.

Pendant de longues années, j'ai été écarté de tout résultat appréciable par des anomalies qui empêchent ces corps relativement peu volatils de se concentrer d'une façon importante dans l'oxygène liquide en voie d'évaporation, ce qui permettrait de les obtenir avec un rendement global satisfaisant par le traitement final de ce bain d'oxygène.

Des modes d'extraction *continue* par enrichissement méthodique d'une partie du liquide, suivant des idées voisines de celles exprimées par Barbet (²) et basées sur la grosse différence théorique des phases gazeuse et liquide concomitantes, ont eux aussi échoué pour les mêmes raisons. L'échec de ces méthodes est particulièrement surprenant dans le cas du xénon, qu'on n'arrive guère à concentrer dans une mesure plus satisfaisante que le krypton, malgré sa volatilité bien moindre. Ceci semble ne pouvoir s'expliquer que par des phénomènes accessoires comme celui,

---

(¹) *Comptes rendus*, **187**, 1928, p. 231.

(²) E. Barbet, *Rectification de l'Air liquide* (Paris, Dunod et Pinat, 1918).

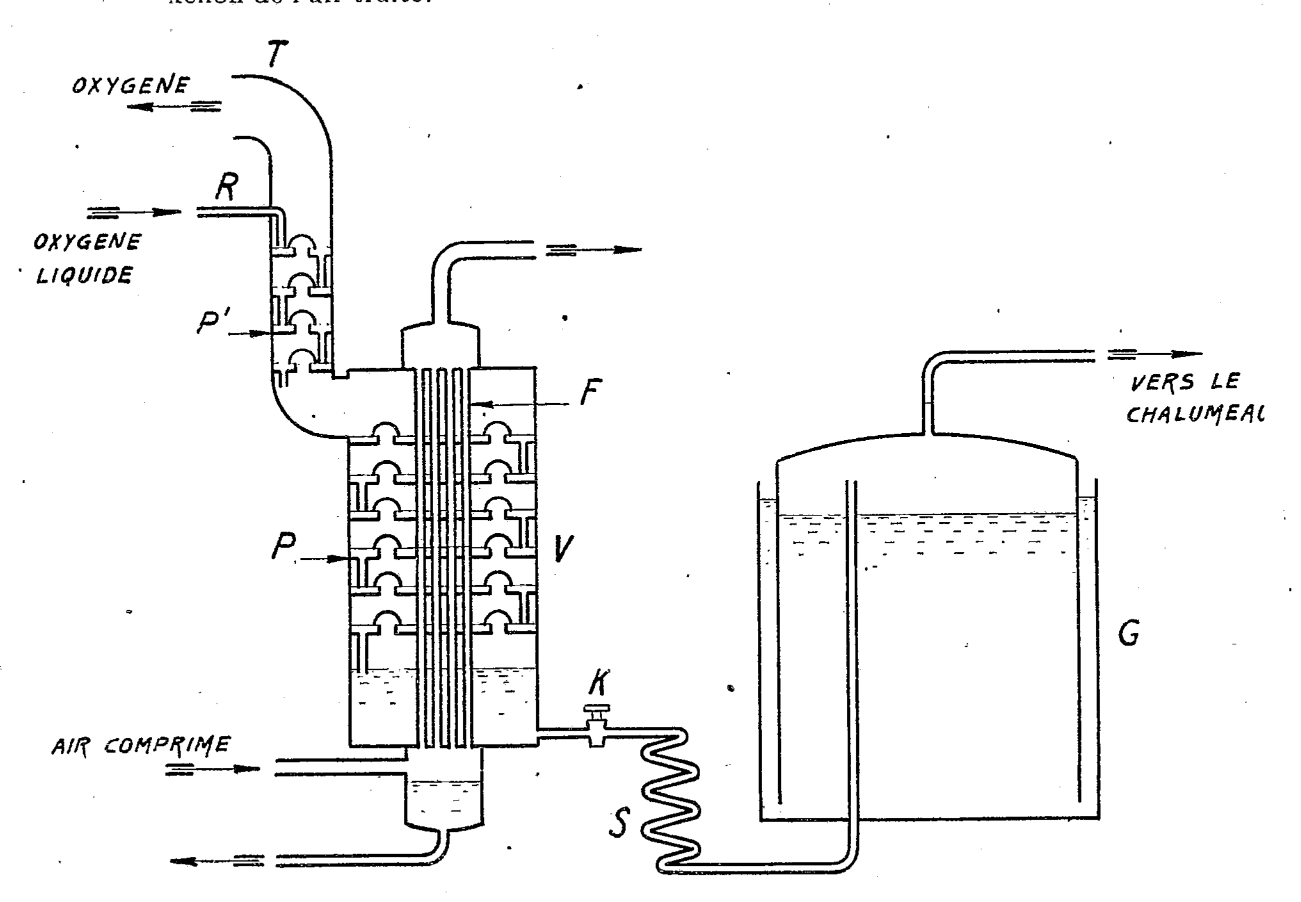
invoqué par Lepape, d'un entraînement mécanique du krypton et du xénon par l'oxygène vaporisé. C'est ainsi que ce savant n'a pu trouver, dans le bain d'oxygène liquide de ceux de mes appareils qu'il a examinés, plus de 5×10^{-5} de krypton, et que l'évaporation *lente* de ce liquide lui fournissait une teneur initiale de 1×10^{-6}, au lieu de 5×10^{-6} fourni par l'*ébullition violente normale* dans les appareils industriels examinés.

Mais si de telles causes accidentelles sont effectivement les coupables, les résultats doivent évidemment dépendre de la perfection des moyens employés pour l'évaporation des liquides et le lavage des gaz.

Dans le dispositif que j'ai réalisé avec MM. Le Rouge et Gomonet pour recueillir en fonctionnement continu le krypton et le xénon d'un appareil à oxygène traitant par heure 800^{m^3} d'air, rien n'est changé au dispositif général de mes appareils en ce qui concerne le bain d'oxygène liquide en ébullition qui alimente en oxygène gazeux la colonne à double rectification aujourd'hui classique, dans laquelle descendent le liquide riche et l'azote liquide. Dans ce bain, le krypton et le xénon subsistent sous des teneurs très faibles. Tout l'effort de la concentration se fait dans un vaporiseur auxiliaire V (voir la figure) dans lequel arrive d'une façon continue par R la partie de l'oxygène liquide destinée à fournir l'oxygène gazeux extrait de l'appareil. Cet oxygène liquide subit une série de vaporisations successives compliquées de rectifications, pendant sa descente sur de nombreux plateaux P, au contact d'un faisceau tubulaire F alimenté par une partie de l'air comprimé traité. Les gaz formés traversent le liquide de tous les plateaux au-dessus de celui où ils se forment d'une façon aussi intime que possible, à l'aide, par exemple, des dispositifs de Kuhni dont les excellents résultats ont changé la technique de la rectification en matière d'air liquide. Ces lavages soignés interviennent non seulement pour ramener vers le bas, *par rectification*, l'excès de krypton et de xénon sur les teneurs concomitantes au liquide rencontré, mais encore pour ramener *mécaniquement* ce qui est entraîné incorrectement, ainsi qu'il a été dit. Pour la même raison, l'oxygène gazeux qui sort par T du vaporiseur V est lavé soigneusement sur les plateaux P′ par l'oxygène liquide qui alimente ce vaporiseur.

De cette façon, avec quinze de ces plateaux à « évaporation et rectification simultanées », les liquides qui parviennent jusqu'au bas des plateaux peuvent atteindre une concentration relativement importante sans pertes excessives : le petit filet liquide qui s'échappe au bas de l'appareil par un robinet K convenablement réglé, et s'évapore totalement dans le serpentin S à l'allure de 400^{l} de gaz par heure, contient environ 1×10^{-3} de xénon

et krypton, et emporte sous cette forme 40 à 50 pour 100 du krypton et du xénon de l'air traité.



Pour augmenter la concentration et faciliter le traitement d'extraction, ce courant d'oxygène à 0,001 de krypton et xénon, après passage dans un gazomètre régulateur G, est brûlé dans l'atmosphère d'hydrogène d'une chambre métallique munie d'une fenêtre en pyrex; le courant d'hydrogène est assez exactement réglé (avec un léger excès d'hydrogène) pour que le courant de gaz résiduel ne représente plus que le $\frac{1}{20}$ du débit d'oxygène initial, de sorte que la teneur en Xe et Kr y est relevée vers 2 pour 100. Cette mixture passe continuellement à travers un tube de pyrex contenant, comme celui employé par M. Lepape, de la silice absorbante, et placé dans un vase de Dewar au contact indirect d'oxygène liquide. L'emploi du charbon comme absorbant est rigoureusement proscrit pour éviter des accidents.

L'hydrogène en excès ne gêne pas, n'étant que très peu absorbé par la silice et se dégageant d'ailleurs le premier lors de la récupération des gaz absorbés. Tous les jours ceux-ci sont dégagés par réchauffage et sont recueillis dans l'ordre de leurs volatilités d'après les densités. Toutes séparations faites, on obtient en moyenne 10 ou 11 litres de krypton et $0^l,8$ à 1 litre de xénon par jour, représentant environ, comme il a été dit, 40 à 50 pour 100 de ce qui est contenu dans l'air traité.

Ces résultats montrent une particularité remarquable. Ici encore, le rapport du xénon au krypton obtenu se tient sensiblement un peu au-dessous de *un dixième*, ce qui est justement le rapport de ces deux gaz dans l'air. Si c'était la totalité du krypton et du xénon qu'on obtenait ainsi, rien ne serait plus naturel. Mais la proportion de ces gaz dans l'air a été déterminée par Lepape avec assez de certitude pour qu'on puisse être certain qu'on ne recueille en fait, ainsi qu'il a été dit, qu'une partie de ces gaz; dans ces conditions, on retrouve ici encore l'anomalie déjà signalée que le xénon ne se concentre pas mieux que le krypton, comme devrait l'y forcer sa volatilité bien moindre.

On doit donc conclure que le perfectionnement réalisé n'est pas suffisant, qu'il y a sans doute encore des entraînements mécaniques et, par conséquent, qu'il reste encore des possibilités d'amélioration.

Tel quel, on voit que si ce dispositif était appliqué aux grands appareils d'oxygène — ceux de l'usine de Boulogne par exemple — qui traitent 3000^{m^3} d'air par heure, il serait possible d'obtenir de chacun d'eux plusieurs litres de xénon et plusieurs dizaines de litres de krypton par jour.

D'ailleurs, il n'est pas impossible de prévoir mieux encore pour l'avenir. On remarquera en effet que les coefficients de *solubilité dans l'eau* du krypton et surtout du xénon sont considérablement plus élevés que ceux de l'oxygène et de l'azote, soit 4 et 6 fois plus à 10°. Il en résulte que la teneur en krypton et xénon des gaz dissous dans l'eau doit être 4 à 6 fois supérieure à celle de l'air lui-même. J'ai demandé à M. Lepape de vouloir bien confirmer cette prévision en dosant, par son élégante méthode, le krypton et le xénon dans les gaz, résultant d'une extraction partielle de l'eau douce, que je lui ai remis. Il y a trouvé effectivement environ 3 fois plus de krypton et 3 fois plus de xénon que dans l'air, soit pour le krypton $(3,3 \pm 0,3).10^{-6}$ et $(3,3 \pm 0,7).10^{-7}$ pour le xénon. Ces résultats sont donc très intéressants, quoique moins bons qu'on pouvait l'espérer, peut-être par suite d'un coefficient d'extraction des gaz inférieur à moitié.

Or cette remarque est de la plus haute importance pour l'avenir des

applications de ces gaz si curieux. Il en résulte en effet que les gaz dissous extraits de l'eau doivent constituer une matière première de choix non seulement pour l'oxygène, comme on le savait déjà, mais à bien plus forte raison encore pour le krypton et le xénon. Il est donc possible qu'il y ait, pour la production de ces trois gaz, un emploi excessivement intéressant des gaz dissous que fourniront en immenses quantités les installations d'extraction d'énergie de la mer par le procédé Claude-Boucherot.

Je ne manquerai pas d'adresser à M. Lepape les gaz extraits de l'eau que je retirerai prochainement des grandes profondeurs.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence de la composition et de l'écrouissage sur la corrosion et le grossissement du grain de l'aluminium.* Note de MM. **Léon Guillet** et **Ballay.**

L'étude de la corrosion de l'aluminium a déjà fait l'objet d'un grand nombre de travaux, mais les résultats obtenus, en particulier quant à l'influence de l'écrouissage, sont très discordants.

L'aluminium commercial est constitué d'une solution solide contenant surtout du silicium (en proportion variable avec la température) et de constituants isolés : Al^3 Fe et Si. Une déformation à froid agit non seulement sur la solution solide qu'elle écrouit, mais aussi sur les constituants isolés, fragiles, qu'elle divise, au moins pour des valeurs importantes de la déformation. Les deux effets peuvent se faire sentir à des degrés différents sur l'attaquabilité. L'étude de l'attaquabilité de l'aluminium aussi pur que possible présente aussi un grand intérêt.

La présente Note a pour but de résumer les premiers résultats de recherches entreprises sur ce sujet.

1° *Corrosion comparée d'aluminium de puretés différentes.* — Les essais ont porté sur de l'aluminium très pur ($Al = 99,87$) et sur de l'aluminium contenant 0,72 pour 100 de fer et 0,47 pour 100 de silicium. Les échantillons en tôle de $1^{mm},5$ d'épaisseur, 25×50^{mm} de côté, avaient préalablement été recuits à 400° pendant 30 minutes au bain de sel et refroidis à l'air.

Les résultats qui figurent dans le tableau ci-après sont des moyennes de deux résultats concordants :

Nature du réactif corrodant.	Durée de l'attaque (jours).	Perte de poids en grammes par mètre carré et par jour.	
		Al % = 99,87.	Al % = 98,81.
NO^3H 36° Baumé..	64	4,49	5,99
Solution aqueuse de HCl ($d = 1,19$) à 2 pour 100	41	0,75	3,64
Solution aqueuse de SO^4H^2 (66° Baumé) à 5 pour 100	41	1,07	0,97
Solution aqueuse de NO^3H (36° Baumé) à 5 pour 100	41	4,06	3,58
Solution aqueuse de NaCl à 3 pour 100.	64	0,023	0,056

L'aluminium pur se corrode donc moins que l'aluminium à 98,81 pour 100 non seulement dans les solutions d'acide chlorydrique, comme l'ont déjà signalé MM. Matignon et Calvet (¹), mais aussi dans l'acide nitrique pur et dans la solution de NaCl à 3 pour 100. Les deux métaux se comportent sensiblement de la même façon, pour les conditions expérimentales adoptées, dans les solutions aqueuses de NO^3H et de SO^4H^2.

2° *Influence de l'écrouissage sur la corrosion de l'aluminium.* — *a.* Une première série d'essais a porté sur les deux mêmes métaux que précédemment, écrouis par traction ou écrouis et recuits. Le degré d'écrouissage est défini par l'allongement pour 100 de l'éprouvette tractionnée. Les recuits, avant et après déformations, ont été effectués à 400° pendant 30 minutes au bain de sel avec refroidissement à l'air.

Allongement.	Perte de poids en grammes par mètre carré et par jour.	
	Al % = 99,87.	Al % = 98,81.
Corrosion dans une solution aqueuse d'acide chlorhydrique (densité = 1,19 à 2 pour 100; durée 42 jours) :		
20 pour 100	1,99	»
20 pour 100 et recuit	1,84	»
18,6 pour 100	»	4,55
18,6 pour 100 et recuit	»	3,18
Corrosion dans l'acide nitrique à 36° *Baumé* (durée 38 jours) :		
15,8 pour 100	10,95	»
20,7 pour 100	11,14	»
15,8 pour 100 et recuit	10,84	»
11,7 pour 100	»	15,95
11,7 pour 100 et recuit	»	11,79

(¹) *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 909.

L'influence de l'écrouissage sur la corrosion est donc beaucoup plus marquée sur l'aluminium à 98,81 pour 100 que sur l'aluminium pur.

b. Dans une autre série d'essais, nous avons cherché comment variait, pour l'aluminium pur (Al = 99,87 pour 100), la corrosion en fonction du degré d'écrouissage et du mode de déformation. Les résultats obtenus figurent dans le tableau ci-dessous :

Perte de poids en grammes par mètre carré et par jour (¹).
Solution d'acide chlorhydrique à 2 *pour* 100 (durée : 22 jours).

Recuit	7,19
Recuit puis allongé de 20 pour 100 par laminage	7,36
» » 40 » »	7,50
» » 55 » »	7,94
» » 81 » »	6,60
Recuit puis allongé de 10 pour 100 par traction	7,52
» » 20 » »	7,59

Il semble donc que, pour ces conditions expérimentales, la corrosion passe par un maximum pour une certaine valeur de la déformation à froid puis décroisse. Le même résultat a été obtenu avec un aluminium à 99,13 pour 100 soumis à l'action d'une solution d'acide chorhydrique à 2 pour 100, mais n'a pas été constaté avec l'acide nitrique pur comme réactif d'attaque. De nouveaux essais sont en cours à ce sujet.

3° *Influence de la composition chimique sur le grossissement du grain de l'aluminium.* — Des bandes de tôles d'aluminium, de différentes compositions, ont été recuites, puis écrouies à différents degrés, par laminage ou traction, enfin recuites de façon identique. Les dimensions moyennes des grains ont été ensuite déterminées au microscope. Le tableau ci-dessous montre que, dans l'aluminium pur, la recristallisation par recuit après écrouissage conduit à des grains beaucoup plus gros que dans l'aluminium courant.

Nombre moyen de grains par centimètre carré de section micrographiée.
Allongé par laminage puis recuit 1 *heure à* 475°.

	Al = 99,87.	Al = 99,13.
20 pour 100	7,5	56
55 »	13	246
69 »	»	510
81 »	11	»

(¹) Les résultats numériques d'une même série sont rigoureusement comparables, mais les résultats de séries différentes ne peuvent être comparés, les conditions de température et de durée de corrosion étant différentes.

M. L. **Mangin** fait hommage à l'Académie des fascicules I et II des publications du *Laboratoire maritime du Muséum national d'Histoire naturelle à l'arsenal de Saint-Servan* : I. *Description du Laboratoire*, par lui-même; II. *Sur la distribution géographique de quelques organismes de rocher, le long des côtes de la Manche*, par Édouard Fischer.

COMMISSIONS.

Par l'unanimité de 35 suffrages, MM. **A. d'Arsonval**, **H. Deslandres**, **H. Le Chatelier**, **P. Villard**, **P. Janet**, **L. Breton**, **J. Perrin** sont désignés pour faire partie, avec le Bureau de l'Académie, de la Commission du *prix Albert Ier de Monaco*.

NOMINATIONS.

Le Bureau de l'Académie, MM. **H. Le Chatelier**, **J. Hadamard**, **A. Rateau** sont désignés pour représenter l'Académie à la célébration du Centenaire de la fondation de l'École centrale des Arts et Manufactures, les 26, 27, 28 mai 1929.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° H. Ollivier. *Cours de Physique générale*. Tome second. *Thermodynamique et étude de l'énergie rayonnante*. Troisième édition.

2° A. Baldit. *Les routes aériennes de l'Atlantique. Aperçu météorologique*.

3° *Catalogue général des manuscrits des bibliothèques publiques de France*. Paris, Bibliothèque de l'Institut, ancien et nouveau fonds, par M. Bouteron et J. Tremblot.

4° D. Sensaud de Lavaud. *Différentiel à roue libre Sensaud de Lavaud*.

Théorie du différentiel épicycloïdal. Théorie générale du mouvement différentiel des roues en courbe.

5° A. PAILLOT. *Les maladies du ver à soie. Grasserie et dysenteries.* (Présenté par M. P. Marchal.)

6° F. H. VAN DEN DUNGEN. *Les problèmes généraux de la technique des vibrations.* Fascicule IV du *Mémorial des Sciences physiques.* (Présenté par M. G. Kœnigs.)

7° BERTRAND GAMBIER. *Applicabilité des surfaces étudiées au point de vue fini.* Fascicule XXXI du *Mémorial des Sciences mathématiques.* (Présenté par M. G. Kœnigs.)

ÉCONOMIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'existence d'un indice de désirabilité des biens indirects.* Note [1] de M. **MAURICE FRÉCHET**, présentée par M. Émile Borel.

Dans l'Ouvrage très intéressant qu'il a publié récemment [2], M. Divisia s'exprime ainsi à la page 387, paragraphe 117 : « La théorie précédente suppose essentiellement que tous les individus sont à même de déterminer leurs choix d'après leurs *goûts*. Si elle s'applique rigoureusement à ce que l'on appelle souvent les biens de consommation, on ne peut pas considérer qu'elle s'applique aussi *de plano* aux autres biens. » Et, dans la suite, M. Divisia croit devoir donner une définition particulière de l'ophélimité (de la désirabilité, préférons-nous dire avec M. Gide), des biens indirects.

La distinction ainsi posée ne se réduit pas seulement à une question de mots, puisque c'est sur elle que M. Divisia se base pour établir une théorie nouvelle de la monnaie. D'autre part, la distinction se poursuit même au point de vue mathématique, car la désirabilité d'un bien direct est une dérivée partielle, alors que, selon M. Divisia, la désirabilité d'un bien indirect n'en serait pas une.

Nous croyons pourtant que la définition classique de l'indice de désirabilité peut être appliquée aux biens indirects comme aux biens directs. Nous nous proposons de montrer qu'il suffit de *distinguer les deux moments : avant* et *après* la transformation d'un bien indirect en un bien direct, pour que les difficultés signalées par M. Divisia s'évanouissent.

Employons les notations mêmes de cet auteur. Soit $l = f(u, v, w)$ la

[1] Séance du 17 juillet 1928.

[2] F. DIVISIA, *Économique rationnelle*, 1928 (*Encyclopédie scientifique*, Doin).

quantité du bien direct L qui peut être produite au moyen des quantités u, v, w des biens indirects U, V, W. Soit, d'autre part, $\varphi(x, y, z, l)$ l'indice de désirabilité, pour un sujet économique déterminé, des quantités x, y, z, l des biens directs X, Y, Z, L. Nous supposons cet indice calculé *après* la transformation des quantités u, v, w des biens U, V, W dans la quantité l du bien L. Soit alors

$$(1) \qquad \Phi(x, y, z, u, v, w) \equiv \varphi[x, y, z, f(u, v, w)].$$

Si l'on considère deux patrimoines éventuels

$$(x, y, z, u, v, w) \quad \text{et} \quad (x', y', z', u', v', w')$$

du sujet économique *avant* la transformation, il est clair que le même sujet préférera le premier au second ou inversement, selon que le patrimoine final, $[x, y, z, l = f(u, v, w)]$, résultant du premier patrimoine initial, lui paraîtra préférable au second patrimoine final, $[x', y', z', l' = f(u', v', w')]$ ou inversement. Il en sera ainsi suivant que $\varphi(x, y, z, l)$ est supérieur à $\varphi(x', y', z', l')$, ou inversement, c'est-à-dire suivant que $\Phi(x, y, z, u, v, w)$ est supérieur à $\Phi(x', y', z', u', v', w')$, ou inversement. En outre, il y aura indifférence avant s'il y a indifférence après, c'est-à-dire si

$$\Phi(x, y, z, u, v, w) = \Phi(x', y', z', u', v', w').$$

En vertu de la définition même de l'indice de désirabilité, il en résulte que l'on peut considérer $\Phi(x, y, z, u, v, w)$ comme un indice de désirabilité d'un patrimoine qui contient pourtant des biens indirects U, V, W aussi bien que des biens directs X, Y, Z.

Ainsi *les biens indirects ont, au même titre que les biens directs, un indice de désirabilité et nous savons comment le calculer.*

D'après la loi de Jevons-Walras, on aura pour les prix P_X, P_Y, P_Z, P_L, P_U, P_V, P_W de tous ces biens, dans l'état d'équilibre économique, sous le régime de la libre concurrence, les équations suivantes, écrites, les premières, en se plaçant *avant* la transformation, les dernières, en se plaçant *après* :

$$(2) \qquad \frac{\Phi'_x}{P_X} = \frac{\Phi'_y}{P_Y} = \frac{\Phi'_z}{P_Z} = \frac{\Phi'_u}{P_U} = \frac{\Phi'_v}{P_V} = \frac{\Phi'_w}{P_W} \qquad \text{et} \qquad \frac{\varphi'_x}{P_X} = \frac{\varphi'_y}{P_Y} = \frac{\varphi'_z}{P_Z} = \frac{\varphi'_l}{P_L}.$$

En exprimant, d'après (1), les dérivées partielles de Φ connaissant celles de φ et de f, on obtiendra les équations auxquelles M. Divisia parvient par un raisonnement tout différent :

$$\frac{\varphi'_x}{P_X} = \frac{\varphi'_y}{P_Y} = \frac{\varphi'_z}{P_Z} = \frac{\varphi'_l}{P_L} = \frac{\varphi'_u f'_u}{P_U} = \frac{\varphi'_v f'_v}{P_V} = \frac{\varphi'_w f'_w}{P_W}.$$

Il semblait légitime de déduire de ces dernières, avec M. Divisia, que les indices de désirabilité élémentaires $\varphi'_u f'_u$, $\varphi'_v f'_v$, $\varphi'_w f'_w$ des biens indirects U, V, W contrairement à ceux des biens directs X, Y, Z, L, ne sont pas des dérivées partielles. Nous voyons pourtant qu'ils sont les dérivées partielles de la fonction Φ.

[Ce qui précède suppose que le sujet économique considéré procède à la transformation totale des biens indirects qu'il possède. Il serait facile d'étendre le raisonnement (comme nous l'avons fait dans notre Cours de cette année à l'Université de Strasbourg) au cas où une partie des biens U, V, W serait utilisée par le sujet économique comme bien direct.]

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Configurations remarquables de quatre droites tangentes à certaines courbes gauches.* Note de M. **Bertrand Gambier**.

1. Parmi les problèmes qui ont le plus exercé la sagacité des géomètres, nous pouvons citer ceux où *les équations sont en même nombre que les inconnues, sans qu'il y ait de solution, du moins si les données sont quelconques.* Exemples : polygones de Poncelet; ou bien, trouver une courbe plane de degré $3m$, admettant neuf points donnés avec la multiplicité m. En réalité, la plupart de ces problèmes fournissent un *système d'équations compatibles et distinctes, avec un nombre fini de solutions correspondant chacune à une dégénérescence de l'être géométrique cherché* (pour les exemples cités, polygones repliés d'Halphen ou cubique plane prise m fois). L'intérêt du problème consiste à particulariser les données de façon que les équations cessent d'être distinctes : on trouve alors *une infinité de solutions non dégénérées.* Si la définition de l'être géométrique cherché en même temps que le choix des conditions imposées sont *invariants par rapport à un certain groupe de transformations,* la simple constatation de l'égalité du nombre de conditions et de paramètres suffit pour affirmer que le problème est du type étudié ici.

2. Dans l'espace ordinaire à trois dimensions, il existe ∞^3 (ou ∞^1) transformations homographiques conservant trois (ou quatre) droites données. *Mais si trois droites données restent fixes, les transformées d'une droite donnée* D *sont en nombre* ∞^2 *et non* ∞^3; les génératrices d'une surface réglée R (développable ou non) livrent donc un *complexe* : conclusion, les tangentes des ∞^3 cubiques, tangentes à trois droites données T', T'', T''', engendrent un complexe; chercher les cubiques gauches tangentes à quatre droites données

fournit douze équations pour douze inconnues; choisir les tangentes arbitrairement conduit à l'une des deux sécantes communes à ces quatre droites (prise trois fois); si la quatrième droite appartient au complexe relatif aux trois premières, il y a ∞^1 cubiques proprement dites. A. Voss (¹) a signalé le premier ce résultat pour les cubiques avec un grand nombre de propriétés élégantes.

Donner une tangente *remarquable* (et non plus quelconque) d'une courbe gauche revient à *quatre* conditions (et non plus trois); or nous allons apprendre à définir (*d'une façon invariante par rapport aux homographies*) des courbes gauches dépendant, *au point de vue métrique*, de seize paramètres : si donc nous donnons trois tangentes remarquables, on trouve ∞^4 courbes; fixer le point de contact de ces tangentes laisse ∞^1 courbes; une quatrième tangente remarquable engendre donc une surface réglée R qui, en rendant la liberté aux points de contact, engendre un complexe et nous pouvons recommencer le raisonnement qui précède : la donnée *a priori* de quatre tangentes remarquables fournit, *en général*, simplement une des deux sécantes communes (comptée un certain nombre de fois); au contraire si la quatrième est choisie dans le complexe relatif aux trois premières, il y a ∞^1 solutions proprement dites. M. Hans Mohrmann (²) a appliqué ces considérations aux biquadratiques de genre 1 et aux tangentes aux points à plan osculateur stationnaire.

3. J'ai obtenu comme courbes gauches unicursales à 16 paramètres celles, d'ordre $m (m \geqq 4)$, n'ayant que quatre points à plan osculateur stationnaire coupées par un tel plan en m points réunis au point de contact. Une telle courbe n'a qu'un invariant projectif et se déduit par transformation homographique de la courbe particulière

$$(1)\quad \left\{\begin{aligned} X &= t^m + C_m^4 a t^{m-4} - C_m^5 a_1 t^{m-5} + C_m^6 a_2 t^{m-6} - C_m^7 a_3 t^{m-7} + \dots, \\ C_m^1 Y &= -C_m^1 t^{m-1} - C_m^5 a'_1 t^{m-5} + C_m^6 a'_2 t^{m-6} - C_m^7 a'_3 t^{m-7} + \dots, \\ C_m^2 Z &= C_m^2 t^{m-2} + 6 C_m^4 t^{m-4} - C_m^5 a''_1 t^{m-5} + C_m^6 a''_2 t^{m-6} - C_m^7 a''_3 t^{m-7} + \dots. \\ C_m^3 Z &= -C_m^3 t^{m-3} - C_m^5 a'''_1 t^{m-5} + C_m^6 a'''_2 t^{m-6} - C_m^7 a'''_3 t^{m-7} + \dots, \end{aligned}\right.$$

Les quatre points en jeu sont fournis par l'équation

$$(2)\qquad t^4 = a + 6 t^2$$

qui permet, quand on la donne *a priori*, de remplacer successivement t^5,

(¹) *Mathematische Annalen*, **13**, 1878, p. 168-174.

(²) *Mathematische Zeitschrift*, 5, 1919, p. 268-283.

t^6, t^7, ... par les expressions

$$(3) \qquad t^{p+4} = a_p + a'_p t + a''_p t^2 + a'''_p t^3$$

exactes pour les racines de (2) : les coefficients des formules (1) sont définis en fonction de a par ce procédé.

D'ailleurs étant données deux droites (i), (k), de coordonnées plückériennes $(a_i, b_i, c_i, l_i, m_i, n_i)$ en posant $(i, k) = \Sigma a_i l_k$, les deux invariants α et β des quatre droites (1), (2), (3), (4) sont

$$\alpha = \frac{(1,2)(3,4)}{(2,3)(1,4)}, \qquad \beta = \frac{(1,3)(2,4)}{(2,3)(1,4)}.$$

Ici en écrivant

$$a = -36\cos^2\varphi \sin^2\varphi, \qquad t_1 = -t_2 = \sqrt{6}\cos\varphi, \qquad t_3 = -t_4 = \sqrt{6}\sin\varphi,$$

on voit immédiatement que l'on a les expressions de α et β rationnelles en $\sin\varphi$, $\cos\varphi$, d'où équation du complexe en jeu, ou si l'on préfère, décomposition du complexe, rationnellement, en ∞^1 congruences linéaires.

Pour $m=4$, exceptionnellement, les quatre tangentes remarquables sont sur une même quadrique et l'on passe, dans ce cas, de *zéro* solution (*propre*) à ∞^3 solutions.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Sur l'ordre de mesure d'un ensemble fermé.* Note de M. **Georges Bouligand**.

Dans une Note récente, j'ai défini l'ordre de mesure d'un ensemble fermé par la construction de Cantor-Minkowski : passage de l'ensemble donné à celui des points qui en sont distants d'une longueur $< \rho$ [1]. On peut aussi, en conformité avec la théorie moderne de la mesure, adopter le point de vue de M. Hausdorff [2]. D'où deux notions distinctes : l'ordre de mesure $(\mathcal{C}, \mathcal{M})$ de ma dernière Note et l'ordre de mesure $(\mathcal{H})$, défini comme suit. Soit un mode quelconque de recouvrement de E par une système S, que l'on peut supposer fini, de sphères de rayons $< \rho$; soit donnée une fonction $\psi(\rho)$, continue, croissante, nulle pour $\rho = 0$. Lorsque ρ tend par zéro,

(1) *Ordre de mesure et dimension des ensembles fermés* (*Comptes rendus*, 187, 1928, p. 524).

(2) HAUSDORFF, *Dimension und aüsseres Mass* (*Math. Annalen*, 79, 1918, p. 157-179).

la limite inférieure de la somme des valeurs de ψ pour les rayons des sphères de S tend vers une limite λ. Si $\lambda = 0$, nous dirons que l'ordre de mesure de E est inférieur à l'ordre infinitésimal de $\psi(\rho)$; si $\lambda = \infty$, que l'ordre de mesure de E surpasse l'ordre de $\psi(\rho)$. L'ordre de mesure est alors défini comme une coupure idéale dans l'échelle des croissances. Cela posé, les relations entre l'ordre $(\mathcal{C}, \mathfrak{M})$ et l'ordre $(\mathcal{H})$ se résument ainsi : le second ne peut dépasser le premier ; en outre, si l'ordre $(\mathcal{C}, \mathfrak{M})$ de E est partout au moins égal à l'ordre de $\psi(\rho)$, il en est de même de son ordre $(\mathcal{H})$. Donc si E est homogène quant à l'ordre $(\mathcal{C}, \mathfrak{M})$, il l'est quant à l'ordre $(\mathcal{H})$, avec égalité de ces ordres.

Cependant, les ordres $(\mathcal{C}, \mathfrak{M})$ et $(\mathcal{H})$ ne sont pas des notions équivalentes. L'ordre $(\mathcal{H})$ d'un ensemble dénombrable est nul; l'ordre $(\mathcal{C}, \mathfrak{M})$ de l'ensemble comprenant sur Ox les points d'abscisses n^{-1} et l'origine est 0,5.

On obtient le même entier en cherchant la limite inférieure des ordres $(\mathcal{C}, \mathfrak{M})$ et $(\mathcal{H})$ pour les homéomorphes d'un ensemble donné. Mais la discussion du minimum effectif conduit, pour les ordres $(\mathcal{C}, \mathfrak{M})$, à une classe d'ensembles plus raréfiée. On le voit dans le cas des ensembles punctiformes : la limite inférieure, qui est alors zéro, constitue un minimum effectif des ordres $(\mathcal{H})$ de *tous* les ensembles dénombrables, et un minimum effectif des ordres $(\mathcal{C}, \mathfrak{M})$ des *seuls* ensembles finis (alors que, dans ma dernière Note, j'excluais seulement de ce minimum effectif les ensembles ayant la puissance du continu).

Au point de vue de la limite supérieure des ordres $(\mathcal{C}, \mathfrak{M})$ ou $(\mathcal{H})$, on peut établir qu'elle est égale au nombre de dimensions K de l'espace euclidien où E est plongé, et atteinte comme maximum effectif, pourvu que E ne soit pas dénombrable. Si E est dénombrable (mais non fini), son ordre $(\mathcal{H})$ est nul, son ordre $(\mathcal{C}, \mathfrak{M})$ a pour limite supérieure K, laquelle n'est plus un maximum effectif.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la fonction* $E_\alpha(y)$ *de Mittag-Leffler et les développements en série entière de la Physique mathématique.* Note de **M. A. Buhl.**

Les considérations qui suivent me semblent pouvoir s'appliquer à toutes les équations de la Physique mathématique ; mais ici je m'expliquerai sur l'équation

$$\frac{\partial^2 z}{\partial y^2} = \frac{\partial z}{\partial x}, \tag{1}$$

au sujet de laquelle M. Émile Picard vient d'exposer d'élégants résultats (¹) particulièrement commodes à utiliser.

L'équation (1) est vérifiée formellement par la série

$$(2) \qquad z = \varphi(y) + \frac{x}{1!}\varphi''(y) + \frac{x^2}{2!}\varphi^{\text{IV}}(y) + \ldots,$$

divergente si

$$(3) \qquad \varphi(y) = \frac{1}{1-y},$$

convergente si $\varphi(y) = e^y$.

Rappelons maintenant que Mittag-Leffler, pour ses besoins de sa théorie de la sommabilité (²), a créé une fonction

$$(4) \qquad \mathrm{E}_\alpha(y) = 1 + \frac{y}{\lfloor 1\alpha} + \frac{y^2}{\lfloor 2\alpha} + \ldots,$$

qui se réduit à (3) pour $\alpha = 0$, qui, pour $\alpha > 0$, est *entière* et devient e^y pour $\alpha = 1$. Dès lors, si l'on fait

$$\varphi(y) = \mathrm{E}_\alpha(y)$$

dans (2), la série obtenue est dépourvue de sens pour $\alpha = 0$ mais en a un pour $\alpha = 1$.

Si α croît de zéro à un, à partir de quelle valeur de α cette même série a-t-elle un sens? L'exposition de M. Picard, dans les belles *Leçons* précitées (p. 7), conduit facilement à la solution de cette intéressante question. Le sens cherché existera si, la série (4) étant mise sous la forme

$$\sum \frac{\nu!}{(2\nu)!} c_\nu y^{2\nu} + \frac{\nu!}{(2\nu+1)!} c'_\nu y^{2\nu+1},$$

on a, quel que soit ν,

$$(5) \qquad c_\nu < \frac{g}{\mathrm{R}^\nu}, \qquad c'_\nu < \frac{g}{\mathrm{R}^\nu}.$$

Ici, on doit donc avoir

$$c_\nu = \frac{(2\nu)!}{\nu! \lfloor 2\nu\alpha} < \frac{g}{\mathrm{R}^\nu}, \qquad c'_\nu = \frac{(2\nu+1)!}{\nu! \lfloor (2\nu+1)\alpha} < \frac{g}{\mathrm{R}^\nu}.$$

(¹) E. Picard, *Leçons sur quelques types simples d'équations aux dérivées partielles avec des applications à la Physique mathématique*, 1927.

(²) Voir A. Buhl, *Séries analytiques. Sommabilité* (*Mémorial des Sc. math.*, fasc. VII, 1925). Une application toute récente de $\mathrm{E}_\alpha(y)$ à la sommabilité est due à M. Vladimir Bernstein (*Comptes rendus*, 186, 1928, p. 1408).

Ces conditions s'étudient aisément au moyen de la formule de Stirling; elles ne peuvent avoir lieu que si

$$\alpha \geqq \frac{1}{2}.$$

D'ailleurs, dans le cas limite $2\alpha = 1$, on a, pour ν très grand,

$$c_\nu \equiv \frac{2^{2\nu}}{\sqrt{\pi\nu}}, \qquad c'_\nu \equiv 2^{2\nu}\sqrt{\frac{2(2\nu+1)}{\pi\nu}}$$

et il est immédiatement visible que les inégalités (5) peuvent avoir lieu.

On peut donc conclure que la fonction $E_\alpha(y)$ de Mittag-Leffler se révèle utile dans un domaine très différent de celui où elle a été créée. Elle paraît propre à limiter les conditions d'existence des séries entières intervenant en Physique mathématique. Il y a même plus. La fonction limite est ici

$$E_{\frac{1}{2}}(y) = e^{y^2}\left(1 + \frac{2}{\sqrt{\pi}}\int_0^y e^{-y^2}\,dy\right),$$

forme que j'ai donnée dans mes *Séries analytiques* (p. 34). Or, par l'intégrale qu'elle contient, cette expression s'avoisine à la loi de Gauss, si bien que la fonction $E_\alpha(y)$ paraît dominer les théories fondamentales du prolongement analytique, les questions de validité pour les séries *entières* de la Physique et une partie très importante du Calcul des probabilités.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les groupes discontinus de transformations biuniformes.* Note de M. **P. J. Myrberg**, présentée par M. Hadamard.

1. Soit Γ un groupe de transformations analytiques biuniformes S_k,

$$x'_\nu = f_\nu^{(k)}(x_1, x_2, \ldots, x_n) \qquad (\nu = 1, 2, \ldots, n).$$

Nous dirons que Γ est un *groupe normal* s'il existe, dans l'espace des x, des points dans l'entourage desquels les fonctions $f_\nu^{(k)}$ sont méromorphes et forment une *famille normale* au sens de M. Montel. L'ensemble D de tous les points jouissant de cette propriété, ensemble qui se compose d'un ou de plusieurs domaines à $2n$ dimensions, sera appelé le *domaine normal* du groupe Γ. Ce domaine reste invariant pour toutes les transformations du groupe.

Δ étant un domaine fini compris dans l'intérieur de D, on peut alors, de

toute suite donnée des substitutions S_k, extraire une suite partielle

$$(1) \qquad S_{k_1}, \quad S_{k_2}, \quad S_{k_3}, \quad \ldots,$$

telle que les fonctions correspondantes

$$(2) \qquad f_\nu^{(k_1)}, \quad f_\nu^{(k_2)}, \quad f_\nu^{(k_3)}, \quad \ldots \qquad (\nu = 1, 2, \ldots, n)$$

convergent dans Δ uniformément vers certaines fonctions-limites

$$(3) \qquad f_\nu^{(\infty)} \qquad (\nu = 1, 2, \ldots, n),$$

lesquelles sont méromorphes dans Δ, pouvant se réduire à des constantes, y compris la valeur ∞. Nous dirons que la suite (1) est *normale* dans le domaine Δ.

En désignant par J_k le jacobien de la transformation S_k, on aura, uniformément dans Δ,

$$(4) \qquad \lim_{\nu=\infty} J_{k_\nu} = J_\infty,$$

J_∞ désignant le jacobien des fonctions-limites (3). Nous démontrerons d'abord :

Si le groupe Γ *n'admet pas de transformation infinitésimale, on aura, dans le domaine* Δ, *ou bien* $J_\infty \equiv 0$, *ou bien* $J_\infty \equiv \infty$.

En effet, si aucun de ces cas ne se présente, on constate que la suite

$$S_{k_{\nu+1}} S_{k_\nu}^{-1} \qquad (\nu = 1, 2, \ldots)$$

converge dans Δ vers la transformation identique, d'où il résulte que le groupe admet bien des transformations infinitésimales.

2. Le cas $J_\infty \equiv \infty$ pouvant se réduire, par une substitution convenable, au cas $J_\infty \equiv 0$, nous admettrons désormais cette dernière hypothèse. D'une manière générale, nous admettrons que, parmi les mineurs du déterminant J_∞, tous ceux dont l'ordre est $> N$ s'évanouissent identiquement, tandis qu'un mineur d'ordre N au moins est différent de zéro. En appliquant aux points du domaine Δ les transformations de la suite normale (1), les points transformés tendront alors uniformément vers une certaine multiplicité (m) à $2N$ dimensions.

Les points de la multiplicité (m) *appartiennent tous à la frontière du domaine normal* D *du groupe* Γ.

Soit, en effet, P un point de (m) et admettons un instant qu'il soit intérieur à D. Dans tout entourage de P il y a des points qui, par une transfor-

mation de la suite

(1′) $S_{k_1}^{-1}, \quad S_{k_2}^{-1}, \quad S_{k_3}^{-1}, \quad \ldots,$

d'indice aussi élevé qu'on voudra, seront transportés dans l'intérieur du domaine fini Δ. De (1′) on peut donc aussi extraire une suite partielle de transformations

(5) $S_{k_{\nu_1}}^{-1}, \quad S_{k_{\nu_2}}^{-1}, \quad S_{k_{\nu_3}}^{-1}, \quad \ldots$

qui possèdent cette même propriété et dont les seconds membres, dans un certain entourage Δ_1 du point P, tendent uniformément vers des fonctions-limites méromorphes. A cause de ladite propriété, ces fonctions restent finies dans un certain voisinage du point P, et il en est donc de même de leur jacobien, vers lequel tendent uniformément les jacobiens des transformations de la suite (5). Or cette conclusion implique une contradiction, puisque le jacobien de $S_{k_\nu}^{-1}$ est égal à $\frac{1}{J_{k_\nu}}$ et que J_{k_ν}, d'après notre hypothèse, tend vers zéro lorsque $\nu \to \infty$.

3. De ce qui précède on peut conclure ce théorème :

Sous les conditions énoncées au début, le groupe Γ, *dès qu'il n'admet pas de transformation infinitésimale, est proprement discontinu dans son domaine normal* D.

Considérons, en effet, les transformés d'un domaine Δ intérieur à D par toutes les transformations du groupe Γ, et soit P un point-limite quelconque de ces transformés. Il existera une suite partielle de transformations S_k qui est normale dans Δ et dont la multiplicité-limite (m) renferme le point P. Or nous savons que tout point de (m) fait partie de la frontière du domaine D et il en est donc de même du point P. Puisque aussi tout point-limite des transformés de Δ appartient à la frontière de D, le groupe Γ est bien proprement discontinu dans ce domaine.

On sait que toute famille, composée de fonctions qui sont holomorphes et bornées dans leur ensemble dans un domaine donné, est normale dans ce domaine. Donc on aura ce théorème :

Tout groupe de transformations biuniformes qui laissent invariant un domaine fini, est proprement discontinu dans ce domaine dès qu'il n'admet pas de transformation infinitésimale.

De ce théorème, que nous avions établi dans un travail récent [1] pour

---

[1] *Acta mathematica*, 46, 1925, p. 216-335.

les groupes constitués par des transformations cremoniennes de degré borné, on tire presque immédiatement la discontinuité de la plupart des groupe connus, comme les groupes fuchsiens, hyperfuchsiens et hyperabéliens.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude électrochimique de l'action des acides sur les solutions de quelques sels de zinc.* Note [1] de M. J. **Guéron**, présentée par M. G. Urbain.

Au cours de recherches non encore publiées s'est posée la question suivante : une solution d'un sel de zinc étant donnée, comment varie son pH, si on lui ajoute un acide, la concentration γ en zinc total étant constante ?

On réalise la pile :

$$\mathrm{Pt\,H^2} \mid \text{solution étudiée} \mid \mathrm{KCl}\ \text{saturé} \mid \mathrm{KCl}\ \text{saturé ou}\ \tfrac{n}{10} \mid \mathrm{Hg^2Cl^2,\ Hg}.$$

On part de $50^{\mathrm{cm^3}}$ de la solution de concentration γ, et, à température ordinaire, on ajoute simultanément, en volumes égaux, une solution du même sel, de concentration 2γ [2], et un acide de titre t. Après addition de $n^{\mathrm{cm^3}}$ d'acide, le titre en acide de la solution est $\Gamma = t\dfrac{n}{50+2n}$.

Après chaque addition, on mesure la f. é. m. E de la pile. On a étudié ainsi les systèmes : A. acétate de zinc-acide acétique ; B. acétate de zinc-acide chlorhydrique ; C. sulfate de zinc-acide sulfurique.

On trace les courbes $E = f(\log\Gamma)$ pour chaque sel et chaque concentration étudiés. Une courbe de chaque famille est reproduite figure 1.

Système A. — γ varie de 0,00344 à 0,458. Les courbes (*fig.* 1, I) se composent de segments de droites. Le point P se retrouve sur les 6 courbes étudiées ; son ordonnée est constante ($503,5 \pm 1,5$ mv à 19°, ou pH $4,40 \pm 0,03$) ; son abscisse varie avec γ : on trouve (*fig.* 2, I) $\Gamma_P = 0,37\,\gamma^{0,645}$. Le point R ne s'observe que sur les courbes correspondant aux grandes valeurs de γ ; son abscisse Γ_R diminuant avec γ, on admet que Γ_R finit par sortir du domaine de concentrations utilisé.

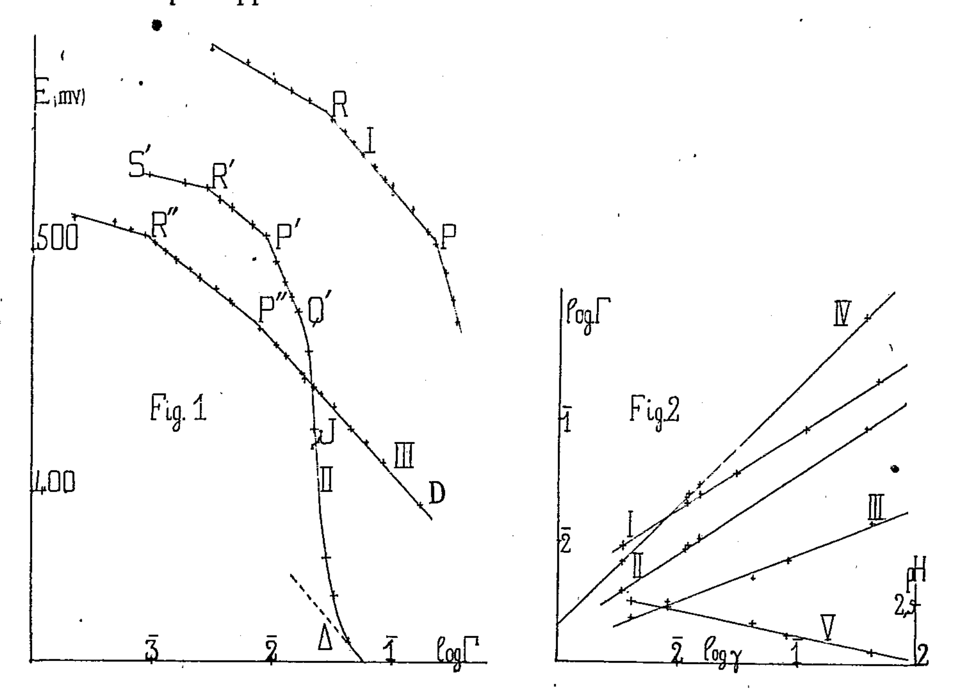
Système B. — γ varie de 0,00344 à 0,376. Les courbes (*fig.* 1, II) présentent deux régions distinctes : 1° trois segments de droites, S'P'R'Q', analogues à ceux du système A. Le point P' a, à 19°, la même ordonnée, indépendante de γ que le point P. Son abscisse est donnée (*fig.* 2, II) par $\Gamma_{P'} = 0,172\,\gamma^{\frac{2}{3}}$. Le point R' correspond à des γ très petits, et, quoique net, est moins bien défini que le point P' ; son ordonnée varie

---

(1) Séance du 1er octobre 1928.

(2) Aten, *Rec. travaux chimiques des Pays-Bas*, 4, vi, 1925, p. 1012.

peu autour de pH 4,8; 2° le segment de droite P′Q′ se raccorde à une courbe qui descend rapidement et présente un point d'inflexion J; puis la descente devient moins rapide et la courbe tend vers une droite Δ dont la pente semble indépendante de γ. Les coordonnées de J sont $\Gamma_J = 2\gamma$, (*fig.* 2, IV) et $pH_J = 1{,}2 - \log\Gamma_J$. Le point J correspond donc au déplacement total, par l'acide chlorhydrique, de l'acide acétique combiné au zinc introduit. La droite Δ ne serait autre que la courbe de dilution de l'acide chlorhydrique. Quant aux trois segments de droites S′R′, R′P′, P′Q′, ils correspondent à ceux que l'on observe dans le système A, l'acide chlorhydrique ajouté libérant du sel de zinc l'acide acétique qui agit pour son compte. De plus, la chute du pH étant plus rapide en présence d'acide chlorhydrique, on conçoit que les droites à peu près parallèles qui représentent $\log\Gamma_P$ et $\log\Gamma_{P'}$ en fonction de $\log\gamma$ soient décalées l'une par rapport à l'autre.



Système C. — γ varie de 0,00452 à 0,452 : 1° les courbes (*fig.* 1, III) sont analogues à celles du système A, mais l'ordonnée de P″ varie avec γ, au contraire de celles de P et de P′. P″ est défini par $\Gamma_{P''} = 0{,}020\gamma^{0{,}40}$ (*fig.* 2, III) et $pH_{P''} = 2{,}02 - 0{,}20 \log\gamma$ (*fig.* 2, V) d'où l'on tire : $[H_{P''}] - \Gamma_{P''} = \text{const. } 220$; 2° la pente α des droites P″D est approximativement indépendante de γ. D'autre part, nous avons tracé, pour l'acide sulfurique pur, la courbe $pH = f(\log\Gamma)$. Dans l'intervalle de concentrations qui nous intéresse, cette courbe est une droite de coefficient angulaire inférieur à 1 (¹). De la

(¹) Cela était prévisible puisqu'une solution d'acide sulfurique de pH = 0 est une liqueur binormale; à 22°, $\lambda = 0{,}520$.

valeur en pH de ce coefficient angulaire, on passe aisément, la température étant connue, à sa valeur en volts λ (1), et l'on constate que $\frac{|\alpha - \lambda|}{\lambda}$ est inférieur à 0,02. Nous pouvons donc considérer les droites P″D comme les courbes de dilution de l'acide sulfurique; elles sont analogues aux droites Δ.

Si, à γ constant, on diminue Γ par dilution, les points P se reproduisent dans les limites des erreurs d'expérience : ils correspondent donc à un phénomène réversible.

Ainsi dans les solutions étudiées, l'acide finit par se diluer comme il le ferait dans l'eau pure, mais, auparavant, il prend part à des réactions — constituant le recul de l'hydrolyse — dont les isothermes présentent des discontinuités attribuables à des modifications, ou à la disparition, des produits d'hydrolyse colloïdaux révélés, dans nos solutions, par l'existence du phénomène de Tyndall.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Séparation quantitative du baryum et du calcium*. Note (2) de Mme et M. **M. Lemarchands**, transmise par M. Henry Le Chatelier.

Nous nous sommes proposé d'étudier les réactions réversibles qui se produisent lors de la précipitation, par l'acide sulfurique, d'une solution des chlorures de baryum et de calcium, en milieu chlorhydrique, à 100°. Nous avons déterminé l'importance du phénomène de dissolution du sulfate de baryum dans les solutions de HCl et de $CaCl^2$.

Notre étude comprend :

1° La détermination préalable de la solubilité de $BaSO^4$ dans l'eau pure à 100°;

2° Celle de la solubilité de ce sel dans les solutions d'acide chlorhydrique, c'est-à-dire l'étude de l'équilibre

$$BaSO^4 + 2HCl \rightleftharpoons H^2SO^4 + BaCl^2;$$

3° Celle de la solubilité du sulfate de baryum dans les solutions de $CaCl^2$, c'est-à-dire l'étude de l'équilibre

$$BaSO^4 + CaCl^2 \rightleftharpoons CaSO^4 + BaCl^2.$$

Les opérations de dissolution ont été faites dans nn ballon de quartz

(1) *Loc. cit.*
(2) Séance du 1er octobre 1928.

transparent ne cédant aucune trace de silice à l'eau bouillante. Nous pesions $BaSO^4$ non dissous et, pour contrôle, celui entré en solution après évaporation en présence de SO^4H^2 et calcination à 650°. Dans le troisième cas, le sulfate de baryum non dissous.

Solubilité de $BaSO^4$ *dans l'eau à* 100°. — Pour 1000g d'eau nous avons trouvé, dans 5 expériences successives, les poids suivants exprimés en milligrammes :

11,83, 18,7, 30,5 23,3, 21,6.

La solubilité à 100° présente les mêmes anomalies qu'à la température ordinaire. Lorsque les grains ont un diamètre plus petit que 1μ,7, la solubilité peut atteindre le triple de la solubilité normale : celle-ci est de 11mg,8 par 1000g d'eau à 100° (0,0505 millimol.-gr.).

Solubilité de $BaSO^4$ *dans les solutions chlorhydriques à* 100°. — Le sulfate de baryum étant corps de fond et sa solubilité étant bien déterminée, nous avons, au cours de 7 expériences, obtenu les résultats suivants :

TABLEAU I. — *Concentrations en millimol.-gr. pour* 100g *d'eau.*

Expériences.	$BaSO^4$.	HCl.	$BaCl^2$.	HSO^4.
1............	0,0505	215,5	0,905	0,905
2............	»	283,5	0,978	0,978
3............	»	289	0,913	0,913
4............	»	1540	2,51	2,51
5............	»	1107	1,97	1,97
6............	»	1480	2,45	2,45
7............	»	1482	2,11	2,11

Solubilité de $BaSO^4$ *dans les solutions de chlorure de calcium.* — Le tableau II donne les résultats acquis dans 13 expériences d'équilibre.

TABLEAU II. — *Concentrations en millimol.-gr. pour* 1000g *d'eau.*

Expériences.	$BaSO^4$.	$CaCl^2$.	$BaCl^2$. $CaSO^4$.
1............	0,0505	6	0,290
2............	»	17,6	0,316
3............	»	31	0,272
4............	»	92,8	0,226
5............	»	185,4	0,331
6............	»	186,4	0,295
7............	»	186,9	0,297
8............	»	275,6	0,366
9............	»	293,6	0,346
10............	»	407.5	0,497
11............	»	409,5	0,468
12............	»	444,5	0,460
13............	»	478.6	0,376

Les constantes d'équilibre pour les concentrations en HCl s'étageant entre 215 et 1482 millimol.-gr. sont :

Avec la formule de Guldberg et Waage.......... $K_1 = 9,25.10^{-3}$
Avec la formule Le Chatelier-Van't Hoff........... $K_2 = 6,30.10^{-6}$

Pour les solutions de $CaCl^2$ de concentration variant de 90 à 480 millimol.-gr.

$$K_1 = 0,62.10^{-4},$$
$$K_2 = 7,5\ .10^{-4}.$$

Conclusions. — L'action dissolvante de HCl est à souligner. Dans une solution renfermant $0^g,39$ d'acide sulfurique libre par litre, 10^g de HCl, $76^{mg},4$ de $BaSO^4$ restent dissous. Si la précipitation a lieu dans 100^{cm^3} de solution $7^{mg},6$ de SO^4Ba restent en solution. Si la quantité de baryum à doser est 1 millimol.-gr. ($0^g,2334$ $BaSO^4$), l'erreur relative sur le dosage sera presque de $\frac{1}{30}$, erreur considérable dans un dosage pondéral.

Le pouvoir dissolvant du chlorure de calcium est bien moindre et varie fortement avec la teneur de ce sel dans la solution. Il est minimum lorsque sa concentration varie entre 10 et 270 millimol.-gr. par litre, c'est-à-dire de 0,1 à 3 pour 100.

CHIMIE MINÉRALE. — *Phosphates et arséniates du manganèse quadrivalent.* Note de MM. **V. Auger** et **Al. Yakimach**, présentée par M. G. Urbain.

Les composés, dans lesquels le manganèse quadrivalent est uni à des acides, sont assez peu connus ; on a décrit des fluosels cristallisés, et l'on a prouvé l'existence du Mn^{IV+} dans la solution sulfurique brune provenant de l'électrolyse d'une solution de sulfate manganique (3).

Nous avons pensé que les acides phosphorique et arsénique seraient, parmi les acides oxygénés, les plus aptes à fournir des composés du manganèse quadrivalent, car on connaît des sels et des complexes de ces anions qui présentent quelques analogies avec les fluosels.

Phosphates manganiques (4). — Une solution concentrée de PO^4H^3, chauffée au bain-marie avec du MnO^2 hydraté ou MnO^4K en poudre, fournit rapidement une solution brune contenant le manganèse à l'état quadrivalent, mais il ne nous a pas été possible d'en retirer un produit cristallisé car, pendant l'évaporation par le chauffage, il se dépose du phosphate manganique (3) gris, insoluble, avec dégagement de O^2.

Nous avons été plus heureux avec les sels complexes : un mélange de

phosphate diammonique et de permanganate, additionné d'eau et chauffé avec précaution, fournit, en dégageant NH^3, une solution brune, qui, par refroidissement, laisse déposer de belles tables rhombiques d'un noir brillant. L'eau mère peut être évaporée sans décomposition apparente, mais elle ne laisse qu'une masse résineuse, soluble en brun dans l'eau. Les cristaux, soumis à l'analyse, ont donné des chiffres correspondant à la formule brute $MnP^2O^9H^2(NH^4)^2$. Il se dégage 1 molécule de O^2 lorsqu'on fait agir sur la solution acidulée un excès de H^2O^2, ce qui indique 1 atome de O actif correspondant au passage de MnO^2 à MnO. Nous pouvons ainsi établir une formule rationnelle de ce complexe qui doit être noté

$$O : Mn : [PO^4(NH^4)H]^2$$

et qu'on peut nommer *mangani-(4)-phosphate d'ammonium.*

Analyse.

	Trouvé pour 100.	Calculé pour $MnP^2O^9(NH^4)^2H^2$.
Mn	18,25	18,36
P	20,61	20,75
NH^4	12,00	12,00
O (actif)	5,32	5,34

Arséniates manganiques (4). — Les composés arséniques semblent beaucoup plus stables que les phosphates : nous avons pu obtenir un acide mangani-(4)-arsénique bien cristallisé et plusieurs mangani-arséniates.

Acide mangani-(4)-arsénique $Mn(AsO^4H^2)^4$. — On peut l'obtenir par trois procédés : dissolution de MnO^2 hydraté dans l'acide arsénique en solution concentrée; action de cet acide sur le permanganate; action d'un mélange de nitrate manganeux et de permanganate sur l'acide.

Les procédés les plus commodes sont les deux derniers; en chauffant au bain-marie, la solution laisse déposer une poudre couleur chair, et le produit formé peut être isolé après refroidissement, dilution, essorage au vide et lavage rapide à l'eau froide pour enlever l'excès d'acide arsénique. Le produit obtenu, séché au dessiccateur se présente sous la forme de poudre microcristalline, insoluble dans l'eau, mais décomposée par contact prolongé par suite d'une hydrolyse qui le scinde en acide arsénique et MnO^2 hydraté. L'ammoniaque et les carbonates alcalins l'attaquent en formant un mélange d'arséniates alcalin et de mangani-(4)-arséniate. Un chauffage prolongé de cet acide avec un peu d'eau décompose le produit en arséniate de manganèse (3).

Analyse.

	Trouvé pour 100.	Calculé pour $Mn(AsO^4H^2)^4$.
Mn	8,73	8,86
As	48,05	48,46
O(actif)	2,80	2,58

Mangani-4-arséniate d'ammonium $O : Mn : [AsO^4(NH^4)^2H]^2$. — Ce sel ressemble absolument au phosphate correspondant ; nous l'avons préparé par deux méthodes : chauffage au bain-marie en présence d'eau, d'un mélange de permanganate de potassium et d'arséniate diammonique, ou bien en saturant, avec beaucoup de précautions, une suspension aqueuse de l'acide manganiarsénique, au moyen d'ammoniaque diluée. Ce second procédé ne doit être appliqué qu'avec beaucoup d'attention, car un excès d'ammoniaque détruit la molécule et l'on obtient un dépôt de MnO^2 hydraté. La formule du sel obtenu nous montre que la moitié de l'acide a été détachée de la molécule primitive : en effet, par cristallisation, la solution laisse déposer un mélange des gros rhombes du sel manganique et de prismes blancs d'arséniate d'ammonium. La séparation des cristaux peut être facilement effectuée à la pince.

Analyse.

	Trouvé pour 100.	Calculé pour $MnO[AsO^4(NH^4)H]^2$.
Mn	14,18	14,08
As	38,67	38,43
NH^4	9,19	9,24
O (actif)	4,39	4,1

Nous avons constaté qu'il était possible d'obtenir d'autres sels mangani-4-arséniques et nous continuons nos études sur les sels complexes dérivés des acides mangani-4-arsénique et phosphorique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le dodécanediol*-1.12. Note de M. **Lespieau**, présentée par M. Charles Moureu.

Le bromure de pentaméthylène, réagissant sur le magnésium en présence d'éther, fournit un mélange de composés répondant à la formule générale $(CH^2)^{5n}(MgBr)^2$, avec n égal à 1, 2, 3, ..., la proportion de chacun de ceux-ci diminuant très rapidement quand n augmente d'une unité.

Si à ce mélange on ajoute de l'éther chlorométhylique, il s'y forme des diméthylines $(CH^2)^{5n}(OCH^3)^2$, mais aussi des monométhylines $CH^3.(CH^2)^{5n}OCH^3$.

Cette addition a été faite par M. Dionneau [1], en vue d'obtenir la diméthyline de l'heptanediol-1.7, c'est-à-dire celle pour laquelle *n* est égal à deux. En fait il a pu préparer ainsi 47^g de ce diéther en partant de 138^g de dibromopentane. Je suis d'accord avec M. Dionneau sur ce rendement et sur les propriétés du corps obtenu, mais en même temps j'en ai rencontré d'autres, qui ne me paraissent pas avoir été signalés jusqu'ici, tels sont :

1° Le méthoxyhexane $CH^3.(CH^2)^5OCH^3$, liquide bouillant à 124°-125°, ayant à 19°, pour densité 0,7897 et indice D 1,4065, ce qui implique une réfraction moléculaire 36,12; la théorie voulant 36,17. Analyse : C 72,21; H 13,90; cryoscopie acétique 118. La présence de ce corps ne peut être attribuée qu'à une réaction de l'éther chloré sur une seule des deux extrémités du dimagnésien $BrMg(CH^2)^5MgBr$. J'ai déjà signalé un résultat analogue dans l'attaque du même magnésien par le dibromopropylène-2.3.

2° Le diméthoxydodécane $CH^3O(CH^2)^{12}OCH^3$; ce diéther est mentionné dans la Thèse de M. Dionneau (*loc. cit.*, p. 88, en note); il est dit à cet endroit que ce composé a été obtenu par M. Baudouin, qui attaquait par le sodium l'iodométhoxyhexane-1.6; le point d'ébullition serait 182° sous 35^{mm}, le point de fusion 13-14°, la densité à 18° 0,8559. Il n'en est pas fait d'autre mention dans la littérature. Les constantes que j'ai obtenues sont : ébullition 156°-156°,5 sous 13^{mm}; fusion très nette à 11°,5; à 22° densité 0,8563, indice 1,436, d'où une réfraction moléculaire 70,23, théorie 70,14. Analyse : C 72,96; H 13,54; cryoscopie acétique 240.

J'ai eu en ma possession ce qui restait du travail de M. Baudouin, trois échantillons ne pesant pas ensemble plus de 3^g; je les ai soumis à quelques congélations fractionnées, et j'ai ainsi retrouvé le point de fusion 11°,5 net.

3° Divers produits bouillant de 200 à 360° sous 11^{mm}, plus légers que l'eau, se prenant en pâte par refroidissement, dont il ne m'a pas été possible de tirer un corps défini. Une portion, fondant mal vers 66°, a donné à l'analyse des nombres s'accordant assez bien avec la diméthyline pour laquelle *n* serait égal à 6 : C 79,69; H 13,77.

En possession de la diméthyline du dodécanediol-1.12, il était indiqué d'en dériver le glycol lui-même, puisque celui-ci n'a pas encore été décrit.

---

(1) *Thèse de doctorat*, Paris, 1914, p. 68 et 69.

On y arrive par un chemin classique : attaque de la diméthyline par l'acide bromhydrique gazeux à 100°, ce qui donne la dibromhydrine du glycol presque pure d'emblée, passage de ce corps à la diacétine, grâce à l'action de l'acétate d'argent en présence d'acide acétique, saponification de cette acétine par la quantité théorique de sodium dissoute dans l'alcool méthylique aqueux, évaporation dans le vide et reprise par un mélange d'alcool et d'éther.

La dibromhydrine $CH^2Br(CH^2)^{10}CH^2Br$ cristallise par évaporation de ses solutions éthérées, on l'a en petites aiguilles assez jolies en redissolvant dans l'acide acétique tiède et laissant refroidir. Ces cristaux fondent à 38°,5-39° ; on y a trouvé : Br 49,03. Cryoscopie 318.

La diacétine $(CH^3.CO^2)^2(CH^2)^{12}$ cristallise par évaporation de ses solutions éthérées, mais mieux encore par refroidissement de ses solutions dans l'alcool tiède. Elle fond à 36°,5-37°,5.

Le glycol $CH^2OH(CH^2)^{10}CH^2OH$ est en cristaux blancs, très peu solubles dans l'éther ; on l'a bien cristallisé par refroidissement de ses solutions tièdes dans l'alcool aqueux ou le benzène. Il fond alors à 80°-81°. Analyse : C 71,01 ; H 12,87.

BOTANIQUE. — *Mutation en mosaïque.*
Note de Mlle **L. Remy**, présentée par M. L. Mangin.

Le phénomène de l'hybridité en mosaïque est bien connu depuis les recherches de Naudin sur l'hybridité chez les végétaux (1854-1869), mais jusqu'ici la mutation en mosaïque, tout à fait indépendante de l'hybridité en mosaïque, n'a jamais été étudiée. Il est probable pourtant que les observateurs ont dû la rencontrer. Mais ils l'ont confondue avec l'hybridité en mosaïque, prenant le mutant pour un hybride. La mutation en mosaïque se produit cependant chez des individus purs d'hybridation. Voici dans quelles conditions je l'ai observée.

Des plantes de pois mutantes possédant de très nombreux caractères variétaux positifs dus, d'une part à des acquisitions nouvelles des gamètes « affolés » des ascendants et d'autre part à l'accumulation de ces caractères nouveaux sur lesdites plantes à la suite de croisements, furent suivies en vue d'étudier la tendance qu'offrent de telles plantes à présenter des mutations régressives. Les individus sélectionnés avaient une formule génétique connue, ils étaient homozygotes pour tous leurs caractères.

Je constatai que la tendance de ces individus à présenter des mutations régressives ne se manifestait pas seulement dans les gamètes, mais fréquemment aussi dans les tissus végétatifs. Ceux-ci offrant alors des parties différentes disposées en mosaïque, les unes montrant groupés les caractères correspondant à la formule génétique des plantes considérées, les autres montrant des caractères régressifs tout à fait nouveaux et jamais offerts par les ascendants immédiats ou lointains de ces plantes. Ainsi, par exemple, une plante ne donnant que des graines jaunes à enveloppe colorée, provenant elle-même de parents à graines exclusivement jaunes et à fleurs colorées, a produit des graines à portions juxtaposées jaune foncé et vert foncé; sur les plages jaunes, l'enveloppe de la graine était restée colorée, sur les plages vertes, l'enveloppe de la graine était dépourvue de coloration. Les parties vertes étaient plus ou moins épaisses. Il ne s'agissait pas de graines jaunes restées partiellement vertes : les plages vertes étaient d'un vert foncé, elles se détachaient, sans transition, par un contour net, des parties restées jaune foncé, et de même les contours correspondants des portions colorées et non colorées de l'enveloppe de la graine étaient nettement délimités. La mutation en mosaïque de l'enveloppe de la graine était d'ailleurs indépendante aussi de celle de la graine et plus fréquente que celle-ci.

Les mutations en mosaïque obéissent aux règles de l'hybridité en mosaïque :

1° Les mutations végétatives ne sont pas nécessairement superposées à des mutations correspondantes dans les gamètes reproducteurs, bien que cette concordance se rencontre aussi. Par conséquent, les mutations végétatives peuvent ne pas être héréditaires quoique la tendance à les produire soit transmissible puisqu'elle dépend de la formule génétique des gamètes.

2° La mutation végétative en mosaïque s'opère surtout sur les organes les plus différenciés (graines, enveloppe des graines, etc.

3° Elle apparaît tardivement aux sommités des rameaux par suite lorsque la plante est déjà âgée. Ainsi, la plante prise comme exemple donnera des graines à enveloppe uniformément colorée au début de l'été et à plages décolorées au milieu et vers la fin de la saison. Toutes les graines, dont la formule génétique n'a pas varié, récoltées sur la plante (qu'elles soient uniformément colorées ou à plages décolorées), produisent à leur tour des plantes ayant les mêmes tendances à présenter des mutations en mosaïque qui apparaissent dans les mêmes conditions sur les plantes filles que sur les plantes mères.

5° J'ai constaté que des malformations ou tout au moins une vigueur et

une conformation moins bonnes de l'embryon étaient souvent visibles sur les graines offrant des mutations en mosaïque.

On retrouve dans cette énumération toutes les règles de l'hybridité en mosaïque. Les plantes qui présentèrent des mutations en mosaïque étaient pourtant, je tiens à le répéter, bien homozygotes et les caractères régressifs qu'elles offrirent n'avaient même jamais été observés sur les plantes stables d'où les mutants tiraient leur origine.

Ces analogies entre le phénomène de l'hybridité en mosaïque et celui de la mutation en mosaïque sont intéressantes. Vraisemblablement, ces deux phénomènes dépendent des interactions, directes et indirectes, dans chaque cellule du végétal, des facteurs héréditaires. Or ces phénomènes s'accusent à mesure que les conditions externes et internes qui déterminent la différenciation des tissus deviennent plus agissantes. Avec ces mêmes conditions croît donc la puissance d'action et de réaction des facteurs héréditaires.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Le glucoside à salicylate de méthyle du* Gaultheria procumbens *L. est le monotropitoside*. Note de M. **M. Bridel** et Mlle **S. Grillon**, présentée par M. L. Mangin.

Le monotropitoside est le glucoside générateur de salicylate de méthyle que l'un de nous a découvert, en 1923, dans le *Monotropa Hypopitys* L. (1) et qu'il a retrouvé, en 1924, dans l'écorce fraîche du *Betula lenta* L. (2) et dans les racines fraîches de trois espèces de Spirées (3).

Il est formé de l'union d'une molécule de salicylate de méthyle, d'une molécule de glucose et d'une molécule de xylose avec élimination de deux molécules d'eau. Le glucose et le xylose se trouvent combinés sous forme de primevérose que l'on obtient par hydrolyse fermentaire (4).

(1) M. Bridel, *Étude biochimique sur la composition du* Monotropa Hypopitys *L.* 2e Mémoire: *Obtention d'un nouveau glucoside à salicylate de méthyle, la monotropitine* (*Comptes rendus*, **177**, 1923, p. 642).

(2) M. Bridel, *Sur la véritable nature du glucoside à salicylate de méthyle existant dans l'écorce fraîche du* Betula lenta *L.* (*Comptes rendus*, **178**, 1924, p. 1310).

(3) M. Bridel, *Sur la présence de la monotropitine dans les racines fraîches de trois espèces de Spirées:* Spiræa ulmaria *L.*; S. filipendula *L.*; S. gigantea, var. *rosea* (*Bull. Soc. Chim. biol.*, **6**, 1924, p. 679).

(4) M. Bridel, *Sur l'hydrolyse fermentaire du monotropitoside* (monotropitine) (*Comptes rendus*, **179**, 1924, p. 991).

La composition du *Gaultheria procumbens* L. a déjà fait l'objet de nombreux travaux. On y a signalé, entre autres, l'arbutine, l'éricoline, l'ursone et la gaulthérase, ferment soluble hydrolysant le glucoside à salicylate de méthyle du *Betula lenta* L. A notre connaissance, le seul travail se rapportant à l'état sous lequel se trouve le salicylate de méthyle dans cette plante est celui de Procter, de 1844 ([1]). D'après Procter, le salicylate de méthyle existerait à l'état libre dans le *Gaultheria procumbens* L. et non à l'état glucosidique.

Pour mettre en évidence la présence d'un glucoside à salicylate de méthyle, nous avons opéré sur un extrait de la plante fraîche, préparé, sur nos indications, par les soins de M. J. V. Lloyd, à Cincinnati (États-Unis).

La plante fraîche a été jetée dans trois fois son poids d'eau bouillante additionnée de carbonate de calcium. On a laissé bouillir pendant 20 minutes. Après refroidissement, la plante a été broyée et épuisée par une nouvelle quantité d'eau. Les solutions aqueuses ont été distillées, sous pression réduite.

L'extrait ainsi préparé ne dégage aucune odeur de salicylate de méthyle. Cette odeur se développe avec intensité quand on fait agir, dans certaines conditions, la rhamnodiastase sur une solution aqueuse de l'extrait.

Contrairement à l'opinion de Procter, il existe donc un glucoside à salicylate de méthyle dans la gaulthérie fraîche. Nous avons obtenu ce glucoside à l'état cristallisé de la façon suivante :

On a épuisé 250^g d'extrait, à trois reprises, par 1^l d'alcool à 95^c bouillant. Les solutions alcooliques, réunies, ont été distillées à sec, sous pression réduite, et le résidu, pesant 120^g, a été traité, à l'ébullition, par l'éther acétique hydraté, additionné de 5 pour 100 d'alcool à 95^c.

Le glucoside a cristallisé, dans les quatre premiers traitements, en très beaux cristaux prismatiques. On en a obtenu $7^g,35$, ce qui représente un rendement de 4^g pour 1^{kg} de plante fraîche.

On l'a purifié par cristallisation dans l'acétone à 8 pour 1000 d'eau.

On a obtenu, finalement, 4^g de glucoside pur que ses propriétés identifient, en toute certitude, avec le monotropitoside.

Traité, en poudre, par l'acide sulfurique concentré, il dégage l'odeur de salicylate de méthyle. Sous l'action de l'orcine, en présence d'acide

---

([1]) W. Procter, *Observations on the volatile oil of* Betula lenta, *and on Gaultherin, a substance which, by its decomposition, yields that oil* (*Amer. Journ. Pharm.*, 15, 1843-1844, p. 241).

chlorhydrique, à chaud, il donne la coloration violette caractéristique des pentoses. Il fond à $+179°,5$.

Son pouvoir rotatoire, en solution aqueuse, a été trouvé de $\alpha_D = -57°,91$ ($p = 0,1885$; $v = 10$; $l = 2$; $\alpha = -2°11'$).

Il renferme 3,85 pour 100 d'eau. Le pouvoir rotatoire du produit anhydre est donc de $-60°,21$.

Hydrolysé, à $+100°$, par l'acide sulfurique à 3 pour 100, il fournit du salicylate de méthyle, et 73, 97 pour 100 de sucre réducteur, exprimé en glucose (théorie pour le monotropitoside : 73,99).

Sous l'action de la rhamnodiastase, la rotation d'une solution aqueuse à $2^g,785$ pour 100^{cm^3} a passé, en 4 jours, de $-3°18'$ à $-1°$; on percevait nettement l'odeur de salicylate de méthyle et la solution renfermait, pour 100^{cm^3}, $0^g,705$ de sucre réducteur, exprimé en glucose.

Toutes ces propriétés sont celles du monotropitoside : il ne subsiste donc aucun doute sur l'identité du glucoside à salicylate de méthyle du *Gaultheria procumbens* L.

Le monotropitoside se montre, ainsi, très largement répandu dans le règne végétal puisqu'on l'a trouvé dans les trois grands groupes des Dicotylédones : Apétales (*Betula lenta* L.); Gamopétales (*Monotrapa Hypopitys* L. et *Gaultheria procumbens* L.); Dialypétales (Spirées).

CYTOLOGIE. — *Sur les particularités de l'appareil mitochondrial de quelques cécidies.* Note de Mlle **M. L. Verrier**, présentée par M. L. Bouvier.

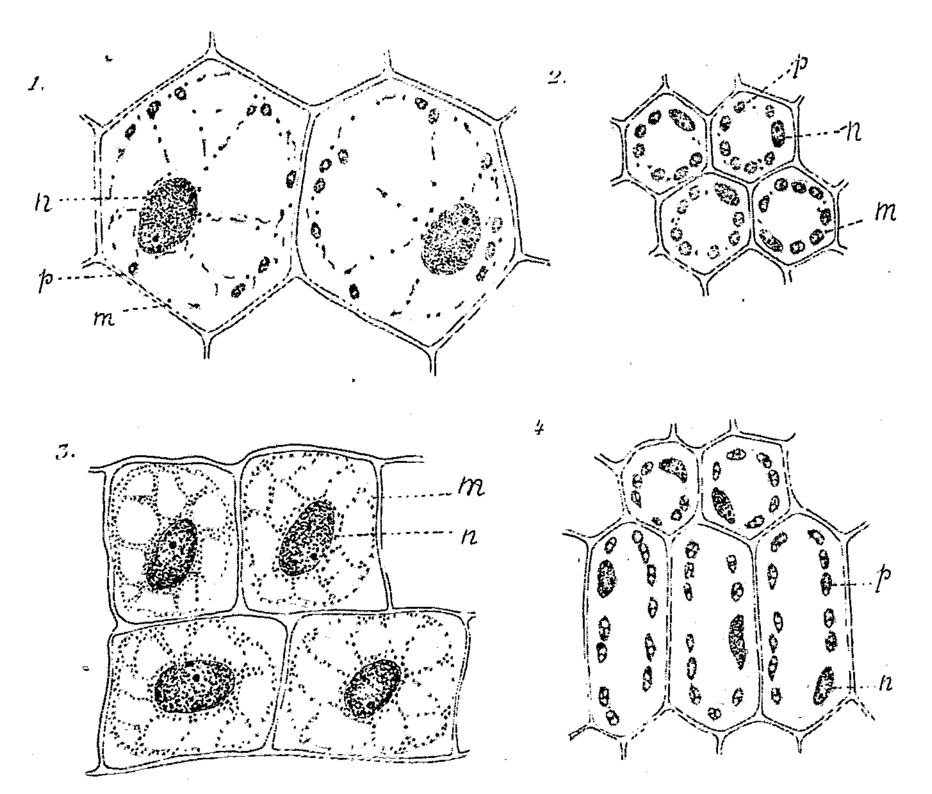
L'étude cytologique des cécidies, et tout particulièrement de l'appareil mitochondrial, paraît avoir été délaissée jusqu'à maintenant. Seuls, l'aspect extérieur et l'anatomie des cécidies ont fait l'objet de recherches étendues.

Nous décrivons ici quelques particularités de la cécidie produite par *Perrisia capitigena* Brem. sur *Euphorbia cyparissias* L. et par *Perrisia Veronicæ* Vallot sur *Veronica chamædrys* L. Ce sont deux acrocécidies terminales, la première déformant l'extrémité de la tige, la deuxième déformant la fleur. Elles se reconnaissent à leur aspect globuleux, en cône de houblon, dû à l'hypertrophie des feuilles de ce niveau et au raccourcissement de leurs entre-nœuds.

Dans chaque cas, deux séries de coupes ont été faites, d'une part dans la feuille de la région atteinte par l'agent cécidogène, d'autre part dans des feuilles recueillies au même niveau dans une plante saine. Dans chaque

cas également, les deux séries de préparations ont subi le même traitement, les résultats sont donc comparables.

Dans le cas d'*Euphorbia cyparissias* nous avons employé la technique mitochondriale de Regaud. Après mordançage de 24 heures dans l'alun et séjour de 48 heures dans l'hématoxyline, nous avons observé, chez la plante gallée, un noyau volumineux, arrondi, granuleux, occupant une région



1, cellules d'une feuille de la cécidie de *Perrisia capitigena* sur *Euphorbia cyparissias*; 2, cellules d'une feuille saine de la même plante; 3, cellules d'une feuille de la cécidie *Perrisia veronicæ* sur *Veronica chamædrys*; 4, cellules d'une feuille saine de la même plante; *m*, mitochondrie; *n*, noyau; *p*, plaste. × 1000.

voisine du centre de la cellule, un protoplasme très vacuolaire, un *chondriome abondant*, où sont représentés chondriocontes et mitochondries proprement dites, et *quelques plastes* de taille réduite. Les cellules de la plante saine, qu'il s'agisse de cellules du tissu palissadique ou de cellules du tissu lacuneux, non différenciées chez la plante gallée, montrent un noyau de taille plus réduite, de forme ovalaire, moins fortement coloré, occupant la partie périphérique de la cellule et autour d'une grande vacuole centrale

une bande de protoplasme supportant de *nombreux plastes* et *quelques mitochondries* (voir la figure ci-contre, 1 et 2).

Ainsi, sous l'influence de l'agent cécidogène nous avons observé chez *Euphorbia cyparissias* un arrêt dans l'évolution de l'appareil mitochondrial. Un fait semblable a été observé par Sou Jou Tsinen ([1]) dans le cas de la panachure des feuilles.

Dans le cas de *Veronica chamædrys* les fixations ont été faites au Bouin-Maire (acide picrique, formol, eau, acide acétique). La plante gallée montre, comme précédemment, un *chondriome abondant* à peine altéré par le fixateur, une *absence complète de plastes*. La plante saine montre, avec un noyau plus réduit, de *nombreux plastes* répartis à la périphérie de la cellule, *tout appareil mitochondrial fait défaut* (voir la figure ci-contre 3 et 4).

Nous constatons donc chez *Veronica chamædrys*, sous l'action de l'agent cécidogène, une résistance de l'appareil mitochondrial aux réactifs qui le détruisent ordinairement (acide acétique, alcool, hydrocarbures). Peut-être la présence de l'agent cécidogène détermine-t-elle une oxydation des cellules, oxydation qui permettrait d'expliquer, à la fois, la résistance du chondriome et le pouvoir chromatique du noyau plus accentué dans les tissus gallés que dans les tissus sains?

Il semblerait que nos observations, quant à la résistance du chondriome, s'opposent à celles de Beauverie ([2]) qui a vu, tout particulièrement chez la Ficaire parasitée par *Uromyces ficariæ*, une sensibilité plus grande du chondriome à l'action de la saponine. Il faut remarquer que nous avons opéré sur un matériel différent et avec d'autres réactifs.

Les particularités de l'appareil mitochondrial des deux cécidies que nous venons de décrire, ont été retrouvées par nous dans le cas de la cécidie caulinaire de *Platyptilia nemoralis* Zeller sur *Senecio cacaliaster* Lamk., l'acrocécidie de *Contarinea barbichei* Kieff sur *Lotus corniculatus* L., l'acrocécidie d'*Eriophyes tomasi* Nal. sur *Thymus chamædrys* Fries, l'acrocécidie d'*Adelges strobilobius* Kalt sur *Abies picea* L.

([1]) Sou Jou Tsinen, *Recherches sur l'histologie des plantes panachées et le mécanisme cytologique de la panachure* (*Thèse doctorat Univ. Nancy*, 1924).

([2]) J. Beauverie, *La résistance plastidaire et mitochondriale* (*Comptes rendus*, 172, 1921, p. 1195, et *Revue d'Auvergne*, 36, 1921, p 1-30).

ENTOMOLOGIE. — *Sur la glande trachéale de quelques insectes.* Note de M. **Motoi Sakurai**, présentée par M. Bouvier.

J'ai examiné précédemment avec M. Ishiwata la glande trachéale du ver à soie. Par sa positiou, sa structure et sa relation trachéale au moment de l'ecdysis, nous sommes arrivés à cette conclusion que la fonction de la glande était de faciliter la mue de la trachée. Nous avons trouvé de même cette glande chez les espèces suivantes de Lépidoptères : *Theophila mandarina* Morre, *Antheræa Yamamaï* G. M., *Antheræa Pernyi* G. M. et *Attacus cynthia* Drury.

Dans le but de déterminer la présence de la glande trachéale chez d'autres insectes, j'ai poursuivi sa recherche dans toute une série d'espèces de Lépidoptères, d'Hyménoptères, d'Hémiptère et de Coléoptère recueillies aux environs de Lyon. Les insectes dont je me suis servi pour ces études sont :

Lépidoptères : *Liparis salicis* L., *Plusia gamma* L., *Grapholita nigricana* Steph., *Tortrix Bergnanniana* L.;

Hyménoptères : *Athalia spinarum* Fabr., *Hylotoma rosæ* de Geer;

Hémiptère : *Pyrrhocoris apterus* Poda.;

Coléoptère : *Telephorus rusticus* Eall.

Tous ces insectes ont été fixés au liquide de Bouin, puis les coupes faites après inclusion à la paraffine ont été colorées à l'hémalun et à l'éosine.

J'ai ainsi pu observer la glande trachéale chez les larves des Lépidoptères et des Hyménoptères; par contre, je n'ai pu la déceler chez les imagos de *Pyrrhocoris* et de *Telephorus*. La position, la forme et la structure de la glande chez ces divers insectes sont généralement plus irrégulières que chez le ver à soie. La glande trachéale est située en général sur le bord de la trachée; sa forme est en général sphérique ou ovalaire. Quelquefois, la glande n'est pas très développée et elle paraît être le renflement de la cellule de la paroi de la trachée. Elle se compose de trois cellules dont l'une est bien plus grosse que les autres.

La cellule, ou glande principale, qui possède un gros noyau, est assez développée; elle est suspendue à la paroi de la trachée dans la cavité du corps et la base de la glande vient s'insérer parmi les cellules de la membrane trachéale. On peut la distinguer des cellules de cette paroi par ses dimensions spéciales et aussi par la différence d'affinité de son protoplasma pour les colorants. En même temps, on peut la différencier facilement des œnocytes

par sa position et sa structure. Voici les dimensions de la glande et du noyau principal, que j'ai mesurées chez des larves assez développées.

Noms des insectes.	Glande (en millièmes de mm). Long.	Larg.	Noyau principal (en millièmes de mm). Long.	Larg.
	μ	μ	μ	μ
Liparis salicis L.	72	40	35	23
Plusia gamma L.	45	32	24	15
Grapholita nigricana Steph.	47	20	12	8
Tortrix bergmanniana L.	24	19	15	9
Athalia spinarum Fabr.	27	19	13	8
Hylotoma rosæ de Geer	52	31	28	16

En résumé, cette glande se trouve dans la paroi trachéale des larves de Lépidoptères et d'Hyménoptères que j'ai examinées. Par sa position, sa forme et sa structure, elle ressemble beaucoup à celle déjà observée chez le ver à soie. Il m'a semblé que cette glande trachéale, que l'on observe toujours chez le ver à soie, manque parfois chez les autres Lépidoptères et chez les Hyménoptères.

GÉNÉTIQUE. — *Sur une souche de souris, présentant une mutabilité insolite de la queue.* Note de Mme **N. Dobrovolskaïa-Zavadskaïa**, présentée par M. F. Mesnil.

A la suite de nos expériences sur la possibilité de la transmission héréditaire des modifications produites dans la cellule génitale mâle par les rayons X, nous avons sélectionné une souche de souris à queue anormale (courte ou absente). La question de savoir à quel point l'apparition de cette mutation peut être attribuée à la radio-lésion du progéniteur est très complexe, et nous l'avons déjà discutée en détail dans un Mémoire qui va bientôt paraître dans un autre Recueil.

Sans y revenir, nous nous bornerons à la présentation de la souche de souris mentionnée plus haut et que nous cultivons depuis plusieurs années.

Dans les lignées de souris anoures et brachyures, connues jusqu'à présent [Lang, 1912 (1), Duboscq, 1922 (2)], l'anomalie consistait en un raccour-

(1) *Zeitschr. f. indukt. Abstam. u. Vererbungs*, 8, 1912, p. 233 à 238.

(2) *C. R. de l'Assoc. franç. pour l'avanc. des Sciences*, (46e Réunion à Montpellier), 1922, p. 399 à 402.

cissement, plus ou moins prononcé, de la queue ou en sa disparition complète. Dans la souche en question, nous avons non seulement ce phénomène de la suppression partielle ou totale de cet organe, mais encore l'apparition de temps en temps de formes nouvelles, dont plusieurs ont été déjà décrites dans les Notes présentées à la Société de Biologie ([1]).

Voici en quelques mots les mutations observées :

1° *Queue filiforme.* — Il s'agit ici du remplacement de la queue normale par un appendice fin et mou qui est cependant suffisamment viable pour persister pendant toute la vie de l'animal; sa longueur varie jusqu'à 12^{mm}.

2° *Étranglement basal, étranglement intermédiaire* et *bout flexible.* — Ce sont trois mutations analogues, mais avec une localisation différente. Elles sont caractérisées par l'amincissement marqué de la queue à un certain point et par l'apparition d'une mobilité anormale à ce niveau. Le phénomène qui est à la base de toutes ces mutations consiste en une interruption complète, à un point donné, de la continuité du squelette.

3° *Brachyurie accompagnée de coudures.* — La queue, plus ou moins raccourcie, est, en outre, déviée de sa direction normale par une, deux ou trois coudures, changements brusques de la ligne droite de l'organe. Ces modifications sont déterminées, comme l'ont montré les examens radiographiques de ces queues, par une croissance unilatérale insuffisante d'une vertèbre.

4° *Les mutations du type hélicoïde* intéressent, au contraire, toute une série de vertèbres contiguës ou même la queue tout entière. Le trait caractéristique de ces mutations est que la queue est enroulée régulièrement autour d'un axe, passant au centre de cet enroulement.

Toutes les mutations, décrites plus haut, ont surgi dans notre souche spontanément, à plusieurs reprises et dans les familles différentes, comme si elles étaient inhérentes à la souche dans sa totalité. Nous avons cherché depuis à isoler des lignées purifiées de différentes mutations par les croisements sélectifs des formes identiques ou aussi rapprochées que possible les unes des autres. Cette tâche est très difficile à cause du « facteur léthal », qui accompagne le facteur « queue raccourcie » chez la souris. Il semble que plus la mutation est originale, plus elle est sujette à l'action délétère de ce facteur. Cela se traduit par la rareté plus marquée de conceptions, par les avortements, par la pénurie de petits dans les portées, par leur fragilité extrême et par l'incapacité fréquente des mères de les allaiter.

Nous croyons néanmoins être en bonne voie d'isolement de deux groupes

---

([1]) *C. R. de la Soc. de Biol.*, **97**, 1927, p. 116, 1140, 1583, 1585, et **98**, 1928, p. 1301 et 1304.

principaux : 1° Les mutations où prédomine la disparition complète de squelette, et qui vont toujours de pair avec le phénomène de mortification totale ou partielle des parties de la queue, non suffisamment développées (caractère « non viable ») (¹). On peut classer dans ce groupe les souris anoures, sans rudiment osseux, et les souris à queue filiforme. Le phénomène de dessèchement et de mortification joue un rôle prépondérant dans l'origine de souris complètement anoures, et il accompagne toujours la queue filiforme chez les nouveau-nés; seulement, dans ce dernier cas, la mortification est limitée à la partie périphérique, et plus tôt elle s'arrête, plus longue est la queue filiforme. La parenté de ces mutations se manifeste par ce fait qu'elles peuvent se rencontrer dans les mêmes familles.

2° Toutes sortes de difformités squelettiques : coudures, contournement en hélice, épaississement localisé, suppression du développement d'une vertèbre, etc. Ce groupe n'est pas encore très différencié, et les changements de forme de squelette, mentionnés plus haut, se combinent souvent avec le phénomène de transformation de la partie terminale de la queue en un appendice filiforme sans squelette et avec le « caractère non viable » d'une partie de la queue.

Les souris de notre souche avec la queue anormale se comportent, au point de vue de l'hérédité, toujours comme des hybrides, c'est-à-dire elles donnent une disjonction immédiate de leurs descendants avec le retour au type normal. La queue anormale, en général, sans distinguer les formes particulières, se comporte comme un caractère mendélien dominant, accompagné d'un facteur léthal.

Dans nos recherches qui sont en train, nous cherchons à élucider la question de savoir s'il existe quelque régularité dans la différenciation des formes nouvelles variées.

Conclusion. — La variabilité de phénomènes morphologiques observés dans notre souche de souris anoures et brachyures, nous permet de désigner cette souche comme une *souche mutante*, analogue à celles d'*Œnothera Lamarckiana*, de Drosophile, etc.

(¹) *C. R. Soc. Biol.*, 97, 1927, p. 114.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Modifications biochimiques imprimées aux cultures de* B. abortus *en vue de la prémunition contre la fièvre ondulante.* Note de M. **Et. Burnet**, présentée par M. Roux.

L'heureux exemple de la vaccination antituberculeuse par le bacille B. C. G. de Calmette a révélé des ressources nouvelles pour la lutte contre certaines maladies infectieuses.

Entre les tuberculoses et les infections à *Brucella* (fièvre méditerranéenne, maladie de Bang), l'analogie est telle qu'une méthode efficace contre les B. tuberculeux doit être applicable contre les *Brucella :* d'un côté comme de l'autre, chronicité, production d'allergie (phénomène de Koch), résistance développée par « prémunition ».

Nous avons déjà montré (¹) qu'on peut modifier le *M. melitensis* et le *B. abortus* en les cultivant en présence de bile de bœuf, ou d'antiseptiques tels que l'iodoforme, le formol et l'iode. On leur imprime le type *B. paramelitensis* (thermo-agglutinable et faible producteur d'anticorps), semblable au *B. paramelitensis* qu'il n'est pas rare d'isoler des sujets infectés.

Mais, tandis que les *Paramelitensis* naturels sont doués de virulence normale, ces *Paramelitensis* artificiels, obtenus par l'action de la bile ou de l'iodoforme, ne possèdent plus qu'une virulence diminuée.

Or, le *B. abortus* est, pour l'homme, ou non pathogène ou beaucoup moins pathogène que le *M. melitensis*. L'*Abortus* est déjà pour l'homme un vaccin naturel contre le *M. melitensis*. Ne pourrait-on, par une méthode analogue à celle de Calmette, atténuer ce qu'il peut rester de virulence à l'*Abortus*, amplifier son aptitude vaccinale, préparer un vaccin vivant pour la prémunition de l'homme et de la chèvre contre le *Melitensis ?*

Nous ne méconnaissons pas que ce vaccin devrait être stable dans son atténuation, et inoffensif même pour les bovidés, parmi lesquels il risquerait de se répandre. Nous n'avons encore fait que le premier pas dans cette voie.

Souche employée : un *B. abortus* tout récemment isolé d'un avortement de vache par le Dr Rinjard. Culture biliée : le 29e passage d'une culture en bouillon additionné d'égal volume de bile; repiquage environ tous les 12 jours. Culture iodoformée : 29e passage d'une culture en bouillon additionné, pour 10^{cm^3}, de $0^{cm^3},15$ d'une solution

(¹) *Archives Inst. Pasteur de Tunis*, 17, II, 1928, p. 108.

alcoolique d'iodoforme à 1 pour 100. Nous laissons de côté dans cette Note les cultures formolées et iodées.

Expériences sur le Cobaye. — Le même jour, avec culture normale et cultures modifiées, sont inoculés des lots de cobayes, tant sous la peau que par instillation conjonctivale. Tous les 10 jours on sacrifie un cobaye de chaque lot. On cherche le pouvoir agglutinant. On ensemence les organes : rate, moelle osseuse, ganglions lymphatiques (surtout, même chez les cobayes inoculés par voie sous-cutanée, les ganglions du cou).

Chez les témoins inoculés avec microbes normaux, les ganglions sont plus tuméfiés, la rate plus grosse, les ensemencements d'organes donnent des cultures très abondantes. Le titre du sérum est très élevé.

Chez les cobayes inoculés avec microbes biliés ou iodoformés, les ganglions restent petits, la rate petite; les ensemencements donnent point ou peu de colonies; le pouvoir agglutinant, sur une échelle de 20 à 1000, est nul.

Il y a parmi les cobayes des différences individuelles. Chez un sur douze environ, le microbe normal a été non agressif et le microbe modifié, non inoffensif. La raison nous échappe.

L'action de la bile et de l'iodoforme est frappante.

Expériences sur le Lapin. — Infectés avec le microbe normal, ils déploient un pouvoir agglutinant très élevé (2000-8000). Avec les microbes modifiés, pouvoir agglutinant nul. Nous n'avons cherché, sur les lapins, que cette différence. L'énormité des doses qu'ils avaient reçues (deux injections intraveineuses de 1 et 2 milliards) noyait les différences de degré d'infection.

Expériences sur l'espèce caprine. — Deux boucs d'un an reçoivent dans la veine jugulaire 2 milliards de microbes, biliés pour l'un, normaux pour l'autre.

Bouc aux microbes biliés : Quatre hémocultures (10e, 18e, 27e, 45e jours), négatives. Pouvoir agglutinant constamment nul. Ensemencement des organes le 46e jour. Aucune colonie d'aucun organe.

Bouc témoin : Les trois premières hémocultures, aux mêmes dates, positives. Le titre agglutinant monte à 4000. Ensemencement des organes le 46e jour : rien avec rate; culture avec la moelle osseuse, les ganglions axillaires et inguinaux.

Pour apprécier les résultats de ces ensemencements, il faut se rappeler que les *Brucella* inoculées disparaissent assez vite de la circulation et des organes de la chèvre, le *B. abortus* encore plus vite que le *M. melitensis.*

D'autres expériences nous ont montré que le *M. melitensis* se laisse atténuer comme le *B. abortus*; mais il ne conviendrait pas pour les applications pratiques.

En somme, un *B. abortus* retiré d'un avortement infectieux, modifié par l'action prolongée, en cultures successives, de la bile ou de l'iodoforme, a perdu une grande partie de sa virulence pour le cobaye (excellent réactif des *Brucella*) et même, autant qu'on peut actuellement en juger par des expériences de laboratoire, pour la chèvre.

Il est intéressant de constater, sur l'exemple de *B. abortus* et de *M. melitensis*, que des résultats semblables, dus sans doute à des actions physico-

chimiques, sont produits par la bile, dont Calmette vient d'illustrer les propriétés, et par ces antiseptiques, dont l'étude au point de vue de la virulence remonte à la plus belle époque pastorienne (expériences de Roux et de Chamberland).

La séance est levée à 16[h].

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 24 septembre 1928.)

Note de MM. *V. Grignard*, *L. Lapayre* et *Tchéou Faki*, Sur le monomagnésien de l'acétylène :

Page 517, ligne 7, *lire* en faisant passer l'acétylène; ligne 8, *lire* (C^2H^3MgBr).

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 15 OCTOBRE 1928.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE HAMY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Enrique Hauser**, membre de l'Académie de Madrid, et à M. **Démétrius Eginitis**, vice-président de l'Académie d'Athènes, qui assistent à la séance.

M. **Émile Picard**, en déposant sur le Bureau ses *Leçons sur quelques équations fonctionnelles*, s'exprime comme il suit :

Ce volume contient les leçons que j'ai faites à la Sorbonne en 1911, et reprises avec quelques compléments en 1927. Il traite de certains types simples d'équations fonctionnelles. Le lien pourra paraître lâche entre les divers Chapitres, l'idée d'équation fonctionnelle étant en elle-même fort vague. On a eu surtout pour objet d'indiquer des exemples intéressants empruntés à des parties éloignées des mathématiques et pouvant donner matière à quelque digression. C'est ainsi que, au début, des équations fonctionnelles très simples donnent l'occasion de parler de géométrie non euclidienne. Les fonctions elliptiques et abéliennes et leurs généralisations conduisent aussi à des exemples susceptibles de développements étendus. Viennent ensuite les équations aux différences finies et des questions se rapportant à l'itération. Enfin des équations intégrales linéaires sont envisagées, et divers problèmes de physique mathématique, en particulier la distribution de l'électricité dans un conducteur avec la loi de Neumann, y sont rattachés.

Ce volume rédigé par M. Eugène Blanc est publié dans la collection des *Cahiers scientifiques* de M. Gaston Julia. L'année dernière ont paru dans

cette même collection mes Leçons de 1908. Plusieurs autres de mes cours de ces vingt dernières années sont déjà rédigés par quelques-uns de mes auditeurs, et pourront, j'espère, paraître prochainement.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur la théorie analytique des perturbations et sur le théorème de Poisson.* Note de M. **H. Andoyer.**

I. Envisageons le système d'équations canoniques

$$\frac{dx}{dt}=\frac{\partial H}{\partial y}, \qquad \frac{dy}{dt}=-\frac{\partial H}{\partial x}, \qquad \dots, \tag{1}$$

où H est une fonction des x, des y, du temps t, ainsi que d'un paramètre μ; et appelons R la dérivée partielle de H par rapport à μ. Après intégration, les x, les y, H et R se présentent comme des fonctions de t, de μ, et des constantes d'intégration q. On sait alors, par une extension facile d'un résultat classique ([1]), que si l'on désigne par S l'intégrale $\int R\,dt$, il existe une fonction K telle que

$$dK = H\,dt + \Sigma x\,dy + \Sigma C_q\,d_q + (S + C_\mu)\,d\mu, \tag{2}$$

les C_q et C_μ étant des constantes.

Supposons que les q se partagent en deux séries, les a et les b, de façon que les b ne figurent partout que par l'intermédiaire d'arguments l de la forme $nt+b$, les constantes n dépendant des a et de μ. Il est clair que la formule (2) subsiste, si l'on y entend par les q l'ensemble des a et des l, et que l'on remplace dl par $dl - n\,dt - t\,dn$.

Éliminant K par dérivation, on obtient alors, en particulier, les relations

$$\sum\left(\frac{\partial x}{\partial \mu}\frac{\partial y}{\partial q}-\frac{\partial y}{\partial \mu}\frac{\partial x}{\partial q}\right)=\frac{\partial S}{\partial q}+c_q, \tag{3}$$

les c_q étant des fonctions linéaires de t à coefficients constants; précisons seulement à leur sujet que si les C_l et les n sont respectivement indépendants les premiers des l, les seconds de μ, les c_l seront de pures constantes, tandis que le coefficient de t dans c_a sera $-\sum c_l \frac{\partial n}{\partial a}$.

II. Supposons que μ soit un paramètre perturbateur, et, comme dans

([1]) H. Andoyer, *Sur la théorie analytique du mouvement de la Lune* (*Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 9e série, 7, 1928, p. 61).

la théorie classique des perturbations, dite de Lagrange, prenons la solution des équations (1) ordonnée suivant les puissances de μ, en conservant pour éléments q (arguments l et constantes a) ceux qui correspondent au cas de $\mu = 0$. Plaçons-nous en outre dans les conditions ordinaires, en supposant que la fonction R, lorsqu'on y remplace les x et y par leurs valeurs de première approximation, soit périodique par rapport aux arguments l et par rapport à d'autres arguments analogues connus à l'avance, tous linéairement indépendants, et ne contienne pas t autrement.

On voit alors que les équations (3), linéaires par rapport aux quantités $\frac{\partial x}{\partial \mu}$, $\frac{\partial y}{\partial \mu}$, seront éminemment propres à déterminer par approximations successives les perturbations des divers ordres des x et des y, perturbations qui dépendront de l'unique quadrature $\int \mathrm{R}\,dt$, développée elle-même suivant les puissances de μ par approximations successives. Ainsi disparaissent complètement les complications dues à la présence des moyens mouvements, et se trouvent généralisées certaines propositions déjà énoncées par M. H. Vergne [1].

Appliquant la méthode de la variation des constantes, supposons en particulier que les variables x, y se réduisent précisément, pour $\mu = 0$, aux éléments q, que nous appellerons encore x_0 et y_0.

En faisant

$$x = x_0 + \xi, \qquad y = y_0 + \eta,$$

les équations (3) deviennent

$$(4)\qquad \left\{\begin{aligned} -\frac{\partial \eta}{\partial \mu} + \sum\left(\frac{\partial \xi}{\partial \mu}\frac{\partial \eta}{\partial x_0} - \frac{\partial \eta}{\partial \mu}\frac{\partial \xi}{\partial x_0}\right) &= \frac{\partial \mathrm{S}}{\partial x_0} + c_{x_0},\\ \frac{\partial \xi}{\partial \mu} + \sum\left(\frac{\partial \xi}{\partial \mu}\frac{\partial \eta}{\partial y_0} - \frac{\partial \eta}{\partial \mu}\frac{\partial \xi}{\partial y_0}\right) &= \frac{\partial \mathrm{S}}{\partial y_0} + c_{y_0},\end{aligned}\right.$$

et mettent en évidence de la façon la plus simple les propriétés générales des perturbations des divers ordres des divers éléments; les c_{x_0}, c_{y_0} sont d'ailleurs, suivant le cas, des constantes dont on peut disposer à volonté, ou des fonctions linéaires de t avec parties constantes analogues.

III. Revenant aux formules générales (3), écrivons celles qui sont relatives aux arguments l sous la forme

$$(5)\qquad \frac{\partial}{\partial \mu}\sum x\frac{\partial y}{\partial l} = \frac{\partial}{\partial l}\left(\mathrm{S} + \sum x\frac{\partial y}{\partial \mu}\right) + c_l.$$

(1) *Comptes rendus*, 163, 1916, p. 606.

les c_l étant des constantes, en vertu des remarques et hypothèses faites ci-dessus. La nature des seconds membres montre alors clairement que les quantités $\sum x \frac{\partial y}{\partial l}$ ne sauraient admettre aucune partie purement séculaire d'ordre quelconque. Cette proposition intuitive contient le théorème de Poisson, et lui donne sa pleine signification.

En effet, plaçons-nous à nouveau dans les conditions particulières des formules (4), et regardant l'argument l comme un y_0, par exemple, soit ω l'accroissement de l'élément conjugué x_0; on aura

$$\frac{\partial}{\partial \mu}\left(\omega + \sum \xi \frac{\partial \eta}{\partial l}\right) = \frac{\partial}{\partial l}\left(S + \sum \xi \frac{\partial \eta}{\partial \mu}\right) + c_l, \tag{6}$$

de sorte que la quantité $\omega + \sum \xi \frac{\partial \eta}{\partial l}$ sera dépourvue de tout terme séculaire pur; et comme, d'une façon générale, les parties du premier ordre (par rapport à μ) des ξ et des η sont ou constantes, ou périodiques, ou purement séculaires du premier degré (en t), la quantité ω elle-même, c'est-à-dire la perturbation de la variable x qui correspond à l, sera seulement assujettie à ne contenir aucune partie purement séculaire des deux premiers ordres.

Il serait superflu de poursuivre cette analyse si facile; je me borne à signaler le rapprochement que l'on peut établir entre ce qui précède et la nouvelle façon d'appliquer la méthode de Delaunay que j'ai exposée dans une Note antérieure [1].

ASTRONOMIE. — *Sur une propriété de la diffraction par une ouverture circulaire.* Note [2] de M. **Maurice Hamy**.

La théorie de la diffraction par une ouverture circulaire, relative à un astre éclairé uniformément et de diamètre angulaire de l'ordre de grandeur du demi-degré, a donné lieu à des travaux de grande importance [3]. Je me propose de revenir ici sur ce sujet, pour signaler une propriété, susceptible d'applications pratiques, de l'image d'un pareil astre au foyer d'une lunette.

Dans ce qui suit, nous appellerons D le diamètre linéaire d'un diaphragme circulaire, placé devant l'objectif d'une lunette, ε le demi-diamètre angulaire

---

(1) *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 993.

(2) Séance du 8 octobre 1928.

(3) Pour la bibliographie, voir : Ch. André, *Traité d'Astronomie stellaire*, 1, p. 3 et 4; Nagaoka, *Astrophysical Journal*, 31, 1920, p. 73.

de l'astre, λ la longueur d'onde de la lumière admise dans l'œil de l'observateur, après passage à travers un écran sélecteur sensiblement monochromatique.

Donnons la dénomination de bord géométrique à la circonférence qui limiterait l'image de l'astre, dans le plan focal de la lunette, si les constructions de l'optique géométrique étaient applicables, en dépit de la diffraction. La théorie montre que l'intensité lumineuse de l'image focale ne varie pas d'une façon discontinue, quand on passe de l'intérieur à l'extérieur du bord géométrique. L'apparence de bord que l'on constate, quand on observe cette image, et que nous désignerons sous le vocable de bord optique, cette apparence, dis-je, n'est qu'une illusion résultant de l'imperfection de la vision et de la variation de l'intensité, rapide mais cependant continue, dans le voisinage du bord géométrique. Fonction de l'éclairement du champ, de la transparence du ciel et de l'objectif, de l'ouverture du diaphragme, de la qualité de l'œil de l'observateur, cette illusion n'est susceptible d'aucune définition physique. C'est pourquoi l'astronome qui pointe le bord optique n'est pas fondé à tirer de ses mesures la valeur du véritable diamètre de l'astre.

Dans le voisinage du bord géométrique, l'expression de l'intensité est uniquement fonction de la variable

$$x = 2\pi \frac{D\zeta}{\lambda},$$

ζ désignant la distance angulaire au bord géométrique, du point de l'image où l'on considère l'intensité. D'ailleurs cette expression contient en facteur la surface du diaphragme. En réalité, ce facteur mis à part, elle dépend aussi explicitement de D, mais les termes où ce paramètre figure, en dehors de x, apportent des appoints dont l'ensemble est d'autant plus petit que D est plus grand et de l'ordre de grandeur de quelques dix-millièmes de la valeur de l'intensité, pour un diaphragme suffisamment large. Or deux images d'un même objet, dont les éclairements diffèrent de quantités de l'ordre de grandeur du dix-millième, paraissent identiques, en les mettant côte à côte, et, *a fortiori*, quand on les examine l'une après l'autre. On est donc fondé pratiquement à raisonner comme si les expressions de l'intensité, dans le voisinage du bord géométrique, ne contenaient pas D en dehors de x. En conséquence, la surface du diaphragme étant proportionnelle à D^2, l'expression de l'intensité, dans le plan focal, au voisinage du bord géométrique, peut se mettre sous la forme

$$I = AD^2 f(x).$$

A étant une constante dépendant de la longueur d'onde λ, de ε et de l'unité d'intensité adoptée, que l'on peut choisir, pour simplifier, de façon que le produit $A\ f(x)$ se réduise à 1, au bord géométrique, c'est-à-dire pour $x = 0$. On a alors

$$(1) \qquad I = D^2 y,$$

y étant une fonction de x parfaitement définie, d'ailleurs très complexe, qui se réduit à 1, pour $x = 0$. La courbe de ses variations, dans le voisinage de l'origine, a été tracée par voie numérique, en donnant des valeurs rapprochées à la variable.

L'expression (1) fournit la valeur de l'intensité, en un point du plan focal, vu, du point nodal d'émergence de l'objectif, à la distance angulaire ζ du bord géométrique. Supposons que l'on observe le champ avec un oculaire donnant à la lunette le grossissement G, proportionnel à D, $G = B\,D$, B étant une constante. L'image virtuelle du point considéré est à une distance angulaire $Z = G\zeta$ de l'image du bord géométrique, quantité proportionnelle à x et indépendante de D explicitement. D'autre part, le grossissement G de la lunette étant proportionnel au grossissement propre g de l'oculaire, g est proportionnel à D. L'intensité de l'image virtuelle, au point considéré, elle-même proportionnelle à $\frac{I}{g^2}$, a pour valeur Ky, K étant une constante. La conclusion à tirer de ce qui précède est la suivante :

Quand on fait varier le diamètre D du diaphragme circulaire, disposé devant l'objectif de la lunette, l'oculaire étant constamment choisi de manière à fournir à la lunette un grossissement proportionnel à D, à chaque point x, y de la courbe d'intensité, dont il a été question plus haut, correspond un point du champ virtuel, fourni par l'oculaire, qui reste à une distance angulaire constante du bord géométrique et dont l'intensité, proportionnelle à y, reste invariable quand D varie.

Je montrerai, dans une prochaine Communication, quelles conséquences découlent de cette importante propriété.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur le rôle des atmosphères dans les occultations d'étoiles par les planètes.* Note [1] de M. **Ch. Fabry.**

Nous avons peu de connaissances précises sur les atmosphères des planètes. Nos moyens d'investigation se réduisent à l'observation directe de la surface qui peut déceler des nuages, l'examen spectroscopique, enfin l'observation des occultations d'étoiles. Il ne semble pas que ce dernier moyen ait donné tous les résultats qu'on peut en attendre.

Une planète dénuée d'atmosphère doit produire une disparition brusque de l'étoile occultée, sans aucune déviation préalable. S'il y a une atmosphère, on peut s'attendre à deux ordres de phénomènes : une déviation, et un affaiblissement précédant la disparition. Pour prévoir la diminution d'éclat, il semble que l'on ait pensé surtout à *l'absorption* de la lumière à travers l'atmosphère de la planète, sans songer qu'il y a une cause beaucoup plus importante d'affaiblissement : la divergence des rayons qui ont traversé l'atmosphère de la planète à diverses hauteurs. A la très grande distance où se trouve l'observateur, cette divergence produit une grande diminution d'éclat, même lorsque la portion d'atmosphère traversée est de densité très faible et n'exerce aucune absorption. C'est surtout cette partie du problème que je veux traiter ici; je montrerai que, s'il y a une atmosphère, la seule réfraction doit produire une forte diminution d'éclat, et que la comparaison entre les phénomènes observés et la théorie peut conduire à des résultats intéressants sur l'atmosphère de la planète.

Soit une planète de rayon R entourée d'une atmosphère homogène et à température uniforme. En fonction de l'altitude, la densité et la pression décroissent suivant une loi exponentielle; à l'altitude z la pression sera :

$$p = p_0 e^{-\frac{z}{h}}, \tag{1}$$

p_0 étant la pression à la surface et h une longueur donnée par l'équation (2), où g est l'accélération de la pesanteur à la surface de la planète et μ_1 la masse spécifique du gaz à la température de la planète et à la pression atmosphérique normale p_1

$$h = \frac{p_1}{g\mu_1}. \tag{2}$$

[1] Séance du 8 octobre 1928.

Soient d'autre part $n_1 = 1 + \varepsilon_1$ l'indice de réfraction du gaz à la pression normale p_1 et à la température de la planète; $n = 1 + \varepsilon$ l'indice à l'altitude z. On a

$$\varepsilon = \varepsilon_1 \frac{p}{p_1}. \tag{3}$$

Sur cette planète tombent des rayons parallèles venant d'une étoile. On peut caractériser chaque rayon par l'altitude z du point de sa trajectoire le plus rapproché de la surface, d'où se déduisent par les équations (1) et (3) les valeurs de la pression p et de l'indice $1 + \varepsilon$ de la couche correspondante. La théorie de la réfraction atmosphérique donne alors la déviation totale ω subie par le rayon qui a traversé l'atmosphère dans ces conditions :

$$\omega = \varepsilon \sqrt{\frac{2\pi R}{h}}. \tag{4}$$

Soit D la distance de la Terre à la planète. Supposons qu'à un certain instant l'observateur soit dans une position telle qu'il reçoive le rayon que nous venons de considérer. Soit θ la *distance angulaire vraie* de l'étoile au bord de la planète, c'est-à-dire celle que l'on obtiendrait si l'atmosphère de la planète était supprimée, comptée positivement quand la position vraie de l'étoile est en dehors du disque. On a, avec une approximation suffisante :

$$\theta = \frac{h}{D} \operatorname{Log} \frac{\varepsilon_0}{\varepsilon} - \varepsilon \sqrt{\frac{2\pi R}{h}}. \tag{5}$$

La distance apparente de l'étoile au bord de la planète est

$$\alpha = \theta + \omega = \frac{h}{D} \operatorname{Log} \frac{\varepsilon_0}{\varepsilon}. \tag{6}$$

Les équations précédentes résolvent la partie géométrique du problème ; elles donnent les angles ω, θ, α en fonction de la variable auxiliaire ε et par suite font connaître ω et α en fonction de θ qui est connu (au moins à une constante près) par les éphémérides.

Passons à la partie photométrique du problème, que nous traiterons en négligeant toute absorption de la lumière. Soient E_0 l'éclat de l'étoile avant toute réfraction, E son éclat apparent à l'instant considéré. Il est commode d'introduire le rapport

$$\Phi = \frac{E_0 - E}{E}$$

que j'appellerai *l'affaiblissement;* il est lié à l'accroissement de « grandeur »

m par

(7) $$m = 2,5 \log_{10}(\Phi + 1).$$

En calculant la répartition, après réfraction, du flux lumineux compris entre deux cylindres infiniment voisins, on trouve l'affaiblissement

(8) $$\Phi = \frac{D}{h}\,\omega = \frac{D}{h}\sqrt{\frac{2\pi R}{h}}\,\varepsilon.$$

Enfin, il est intéressant de calculer *l'épaisseur réduite* de gaz traversé, c'est-à-dire la longueur qu'aurait la colonne de gaz que traverse la lumière si tous ses éléments étaient ramenés à la pression normale. On trouve pour cette quantité

(9) $$X = \sqrt{2\pi R h}\,\frac{\varepsilon}{\varepsilon_1}.$$

Il est commode de tout exprimer en fonction de l'affaiblissement Φ. J'introduirai les constantes suivantes :

$A = \frac{h}{D}$ (constante numérique extrêmement petite que l'on peut transformer en angle et qui n'est alors qu'une petite fraction de seconde);

$c = \frac{h^2}{\varepsilon_1 D}$ (longueur très petite);

$\varpi_1 = \frac{h}{D}\sqrt{\frac{h}{2\pi R}}\,\frac{p_1}{\varepsilon_1}$ (pression très petite).

On a alors, en fonction de l'affaiblissement Φ :

(I) Déviation : $\omega = A\Phi$;

(II) Distance angulaire vraie : $\theta = \text{const.} - A(\Phi + \text{Log}\,\Phi)$;

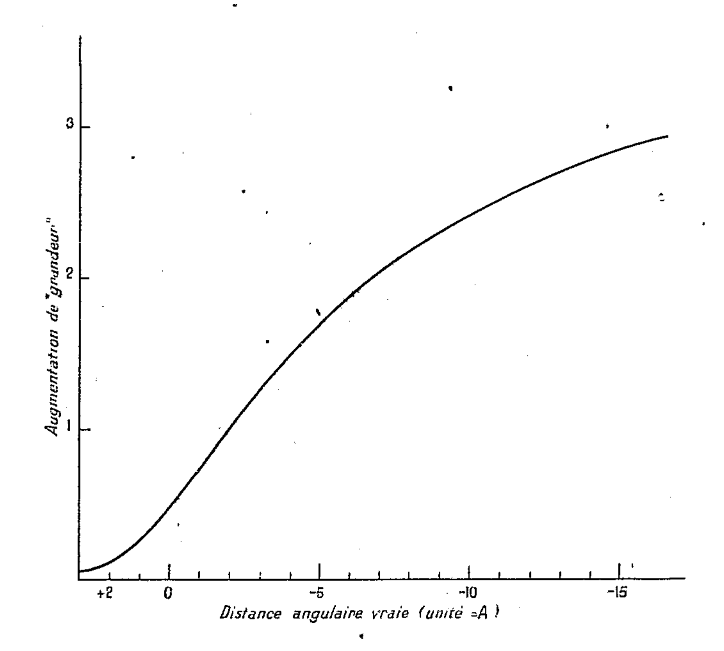
(III) Distance angulaire apparente : $\alpha = \text{const.} - A\,\text{Log}\,\Phi$;

(IV) Pression de la plus basse couche traversée : $p = \varpi_1\Phi$;

(V) Épaisseur réduite de gaz traversé : $X = c\Phi$.

Lorsque la planète s'approche de l'étoile, θ diminue linéairement en fonction du temps. La seule constante A (en plus d'une constante indéterminée) caractérise la courbe qui donne l'affaiblissement Φ et par suite l'augmentation de grandeur m en fonction de θ et par suite du temps. La figure représente la courbe donnant m en fonction de θ, en prenant comme unité en abscisses la quantité A. Pour toutes les planètes douées d'une atmo-

sphère les courbes donnant m en fonction de θ sont superposables par une translation et un changement d'échelle en abscisses.



S'il était possible d'étudier par l'observation la loi qui donne l'augmentation de grandeur pendant les instants qui précèdent l'occultation, la comparaison avec la courbe théorique donnerait la constante A et par suite la longueur h; celle-ci à son tour, au moyen de (2), donnerait μ_1, masse spécifique du gaz ramené à la pression normale sans changer sa température.

Le phénomène peut d'ailleurs se terminer de deux manières :

1° Si l'atmosphère a une densité suffisante, l'affaiblissement par réfraction continuera jusqu'à ce que l'étoile devienne invisible. On verra que, dans la plupart des cas, une atmosphère peu dense suffit à amener la disparition avant qu'il y ait eu réellement occultation; ce dernier phénomène n'est alors pas observable.

2° Cependant, si l'atmosphère n'a qu'une densité extrêmement faible, l'affaiblissement par réfraction peut être suivi de la disparition brusque due à la vraie occultation par la surface ou une couche opaque. Si l'on a pu observer l'affaiblissement qui précède immédiatement la disparition, l'équation (IV) permettra de calculer la pression à la surface.

La constante A étant très petite, la déviation ω reste très faible jusqu'à

la disparition totale de l'étoile, soit par affaiblissement progressif, soit par véritable occultation. On ne peut donc, dans tous les cas, observer que de très faibles déviations.

J'examinerai, dans une prochaine Note, l'ordre de grandeur vraisemblable des phénomènes dans les divers cas.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Sur l'unicité des spirochètes récurrents du groupe Dutton.* Note de MM. **Ch. Nicolle, C. Mathis** et **Ch. Anderson.**

Les spirochètes qui causent les fièvres récurrentes, bien que tout à fait semblables par leurs caractères morphologiques, ont une tendance générale à se distinguer les uns des autres. Les infections expérimentales qu'ils déterminent chez les vertébrés sensibles présentent souvent des caractères assez particuliers. Dans le cas où ceux-ci ne permettent pas une différenciation, les résultats de l'immunité croisée, les réactions sérologiques (l'agglutination, en particulier) séparent les spirochètes les plus voisins.

C'est ainsi, pour ne parler que du Nord de l'Afrique, que le spirochète causant l'infection naturelle des rongeurs des terriers de la région du Kef (Tunisie) n'est pas tout à fait identique à un autre spirochète qu'on rencontre sur les mêmes espèces dans la région de Carthage, distante de 100^{km}. Les invertébrés transmetteurs sont, pour le premier, *Ornithodorus Normandi;* pour le second, la même tique et une tique très voisine *Ornithodorus erraticus*. Le spirochète de la récurrente espagnole qui a comme réservoir de virus également les hôtes des terriers est transmis en Espagne et au Maroc par la même tique *Ornithodorus marocanus*. Si rapprochés qu'ils soient, les réactions d'immunité croisée et l'agglutination ne permettent pas une identification totale entre les spécimens isolés de tiques de l'Espagne et ceux des tiques du Maroc. Nous pourrions multiplier les exemples.

Or un spirochète récurrent échappe à ce caractère général, celui de la fièvre des tiques du centre de l'Afrique, le spirochète de Dutton. Des expériences parallèles, poursuivies dans les Instituts Pasteur de Tunis et de Dakar, prouvent, en effet, son unicité, quels que soient les pays d'origine, les vertébrés atteints et, sans doute, les invertébrés transmetteurs.

Les recherches faites à Tunis ont montré l'identité de caractères (pouvoir pathogène, immunités croisées, agglutination) du spirochète de Dutton du laboratoire de F. Mesnil (souche Ouzilleau) et du spirochète de la musaraigne de Dakar (souche Mathis). Cette identité a

paru si extraordinaire que le doute était venu sur la légitimité de ces souches et qu'une expérience de contrôle a paru nécessaire. Elle a été pratiquée avec un autre échantillon du spirochète de Dutton (origine Levaditi, qui le tenait de Kling, lequel le tenait de Plaut). Ce spirochète s'est montré absolument identique à celui de la souche Ouzilleau et à celui de la musaraigne de Dakar (Mathis).

Les recherches faites à Dakar ont donné des résultats concordants. Elles ont montré, par l'étude des immunités croisées, la parfaite identité des spirochètes de Dakar entre eux quelle que soit leur origine (musaraigne, rats sauvages, hommes naturellement atteints), et avec un nouvel échantillon du spirochète de la fièvre des tiques provenant d'*Ornithodorus moubata* de Brazzaville.

Il y a donc lieu de conclure que, si la tendance à la diversité est de règle chez les spirochètes récurrents transmis par les tiques, elle peut souffrir des exceptions. Celle qui concerne les spirochètes du groupe Dutton fait d'eux un groupe homogène.

M. **Camille Sauvageau** fait hommage à l'Académie d'un Mémoire *Sur la végétation et la sexualité des Tiloptéridales* et d'un Mémoire intitulé *Un dernier mot sur les ioduques et les bromuques*.

M. **A. Bigot** fait hommage à l'Académie d'une brochure intitulée *Cérémonie d'Inauguration d'une Plaque sur la maison de famille d'*Augustin Fresnel, 24 juin 1928.

CORRESPONDANCE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les équations non linéaires aux dérivées partielles du second ordre, du type elliptique.* Note de M. **Georges Giraud**.

Les résultats obtenus pour les équations linéaires [1] permettent d'étudier les équations non linéaires sans aucune hypothèse d'analyticité, et il est

[1] *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 498.

remarquable que ces nouvelles démonstrations sont plus simples que d'autres restreintes aux équations analytiques [1].

Soit $F(p_{1,1}, p_{1,2}, \ldots, p_{m,m}; p_1, p_2, \ldots, p_m; u; x_1, x_2, \ldots, x_m)$ une fonction de $\frac{1}{2}(m^2+5m+2)$ arguments $(p_{\alpha,\beta}=p_{\beta,\alpha})$. Posons

$$a_{\alpha,\beta}=\frac{1}{2}\frac{\partial F}{\partial p_{\alpha,\beta}}\,(\alpha\neq\beta), \qquad a_{\alpha,\alpha}=\frac{\partial F}{\partial p_{\alpha,\alpha}}.$$

Regardons les p_α et les $p_{\alpha,\beta}$ comme représentant les dérivées premières et secondes d'une fonction u et considérons l'équation

$$(1) \qquad \mathcal{F}(u)=F(p_{\alpha,\beta}; p_\alpha; u; x_\alpha)=0$$

que nous supposons appartenir au type elliptique relativement à une solution u et au domaine des valeurs considérées des x_α.

I. Si F a toutes ses dérivées d'ordre q continues (L) et si, dans le cas où $q=1$, il en est de même des dérivées partielles des $a_{\alpha,\beta}$, et si u, ainsi que ses dérivées secondes et celles de ses dérivées troisièmes qui sont des dérivées de dérivées secondes figurant dans les $a_{\alpha,\beta}$, sont continus (L), u a toutes ses dérivées d'ordre $q+2$ continues (L) dans tout domaine fermé intérieur à la région considérée.

II. Soit D un domaine ouvert de frontière S; les coordonnées des points de S sont supposées exprimables en fonctions de $m-1$ paramètres dont les dérivées d'ordre $q+2$ $(q\geqq 3)$ sont continues (L) et dont les m déterminants fonctionnels ne peuvent s'annuler ensemble. On suppose que les hypothèses de la proposition I sont satisfaites dans D pour cette valeur de q, et que, si $q=3$, les dérivées troisièmes des $a_{\alpha,\beta}$ par rapport aux $p_{\alpha,\beta}$, p_α, u, x_α, sont continues (L). On suppose que les dérivées cinquièmes de u sont continues même sur S et que les dérivées d'ordre $q+2$ des valeurs que prend u sur S sont continues. Alors les dérivées d'ordre $q+2$ de u sont continues dans $D+S$. Si les dérivées d'ordre $q+2$ des valeurs que prend u sur S sont continues (L), il en est de même des dérivées d'ordre $q+2$ dans $D+S$.

III. Si les dérivées cinquièmes de F par rapport aux $p_{\alpha,\beta}$, p_α, u, x_α, et les dérivées cinquièmes des coordonnées des points de S par rapport aux $m-1$ paramètres sont continues (L); si d'autre part on connaît une solution u_0 de l'équation (1) qui soit continue dans $D+S$ ainsi que ses

(1) *Annales scientifiques de l'École Normale supérieure*, 43, 1926, p. 1 à 128, où il y a lieu de faire la rectification signalée dans la Note ci-dessus citée.

dérivées cinquièmes, les valeurs sur S de ces dérivées cinquièmes étant des fonctions continues (L) des paramètres des points de S, et si l'on se donne une fonction φ de ces paramètres dont les dérivées jusqu'au cinquième ordre soient continues (L); enfin si le domaine D (homothétique à un domaine donné) est assez petit dans toutes ses dimensions et si t est assez petit, l'équation admet une solution et une seule, tendant vers u_0 quand t tend vers zéro, et prenant sur S les mêmes valeurs que $u_0 + t\varphi$.

La démonstration s'appuie sur un procédé d'approximations successives déjà employé dans un autre travail ([1]), mais le procédé pour prouver la convergence diffère. On commence par déduire de la proposition II que les dérivées cinquièmes de u_0 sont continues (L). On en déduit, à l'aide des propositions sur les équations linéaires, qu'il en est de même des dérivées cinquièmes des approximations successives, mais avec des exposants tendant vers zéro; c'est cette dernière particularité qui oblige à employer ce mode d'approximations successives, car elle entraîne l'existence des coefficients augmentant indéfiniment quand on passe de la limitation d'une approximation à celle de la suivante.

Les démonstrations des propositions II et III exigent moins d'hypothèses relatives à u dans différents cas dont les principaux sont : 1° celui où les $p_{\alpha.\beta}$ figurent linéairement dans F; dans ce cas, on peut prendre $q=2$ et remplacer dans les énoncés les dérivées cinquièmes par les dérivées quatrièmes; 2° celui où, en outre, les $a_{\alpha.\beta}$ ne contiennent pas les dérivées de u; on peut alors prendre $q=1$, et remplacer les dérivées cinquièmes par les dérivées troisièmes; 3° celui où, en outre, les $a_{\alpha.\beta}$ ne dépendent pas de u; on peut alors prendre $q=0$ et supposer seulement que les dérivées de u sont continues (L) dans D + S et les dérivées secondes continues en tout point de D.

Enfin les mêmes procédés s'appliquent au cas où l'on fait des hypothèses d'analyticité. On a alors les résultats suivants :

IV. Si F est holomorphe et si les hypothèses de la proposition I sont satisfaites dans un domaine D, u est holomorphe en tout point intérieur à D.

V. Dans les mêmes hypothèses, si en outre la frontière S de D est régulièrement analytique et que u prenne sur S des valeurs analytiques et si les hypothèses de la proposition II sont satisfaites, u est prolongeable analytiquement à travers S.

([1]) *Loc. cit.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les surfaces de niveau du potentiel d'un ensemble de points.* Note de M. **Florin Vasilesco**, transmise par M. Hadamard.

Dans une Note précédente [1], j'ai montré comment les ensembles *réduits* bornés, peuvent être seuls considérés pour l'étude des ensembles bornés quelconques, au point de vue du potentiel et de la capacité.

Soient E un ensemble réduit borné et $v(P)$ son potentiel. Désignons par μ un nombre quelconque plus grand que zéro et plus petit que l'unité, et par S_μ une *surface de niveau* du potentiel, c'est-à-dire, par définition, la frontière du domaine formé des points où $v(P) < \mu$. Il peut y avoir, sur une telle surface, des points de E. Si l'ensemble E se réduit à un bon conducteur électrique pour lequel le problème extérieur de Dirichlet est possible, S_μ coïncide avec la surface de niveau classique définie par l'équation $v(P) = \mu$.

I. *Le potentiel de toute surface de niveau* S_μ *du potentiel* $v(P)$ *d'un ensemble réduit borné* E *est égal à* $\frac{1}{\mu} \cdot v(P)$.

Appelons D_μ le domaine constitué par les points où $v(P) < \mu$. Ce domaine s'étend à l'infini et a comme frontière S_μ.

Soit $v'(P)$ la solution du problème de Dirichlet généralisé, pour le domaine D_μ et des valeurs constantes égales à 1 sur sa frontière S_μ. Dans ce domaine, $v(P)$ est inférieure à μ et, par conséquent, la plus grande limite de $v(P)$ à la frontière de D_μ, lorsqu'on s'en approche par des points de D_μ, est au plus μ. D'après le théorème de M. O. Perron [2] on a donc l'inégalité

$$\mu . v'(P) \geqq v(P). \tag{1}$$

Remarquons qu'en tout point de S_μ n'appartenant pas à E, $v(P)$ tend vers μ et, d'après l'inégalité précédente, $v'(P)$ tend vers 1. Or nous avons montré dans un Mémoire intitulé *Sur les singularités des fonctions harmoniques*, qui va paraître prochainement dans un autre Recueil, que cela suffit pour que ce point soit régulier. Nous avons donc incidemment le théorème suivant :

II. *Tout point de* S_μ *n'appartenant pas à* E *est régulier pour le domaine*

[1] *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 1572.

[2] *Eine neue Behandlung der ersten Randwertaufgabe für* $\Delta_n = 0$ (*Math. Zeitschrift*, 18, 1924, p. 37).

infini et D'UN SEUL TENANT (on verra que ces mots sont inutiles, th. III), *extérieur à* S_μ.

Je vais utiliser maintenant un raisonnement de M. O. D. Kellogg. Soient $\sigma_1 > \sigma_2 > \ldots > \sigma_n > \ldots$ une suite de surfaces régulières, tendant vers E, dont les potentiels $v_1(P) > v_2(P) > \ldots > v_n(P) > \ldots$ définissent $v(P)$. Sur la frontière du domaine T_n, commun à D_μ et à l'extérieur (qui ne comprend pas E) de σ_n, on a $v_n(P) > \mu . v'(P)$. A l'aide de la remarque précédente, on voit que cette inégalité subsiste dans T_n; elle donne à la limite

$$v(P) \geqq \mu . v'(P). \tag{2}$$

Les inégalités contraires (1) et (2) expriment donc l'égalité qui démontre le théorème I.

Si le domaine D_μ n'était pas d'un seul tenant, il comprendrait un domaine borné d'un seul tenant, dans lequel $v'(P)$ serait constante, alors que $v(P)$ ne le serait pas. Donc :

III. *Le domaine* D_μ *est infini et d'un seul tenant.*

Soit P_0 un point irrégulier de E. Comme nous l'avons montré dans le Mémoire cité ci-dessus, la plus petite limite de $v(P)$ en P_0 est inférieure à 1, soit λ_0. P_0 se trouve sur S_{λ_0}, et l'on a les propositions suivantes :

IV. *Le point* P_0 *est régulier pour la surface de niveau* S_{λ_0} *frontière du domaine* D_{λ_0}.

V. *Le point* P_0 *est irrégulier pour toute surface de niveau* $S_{\lambda'}$, *frontière du domaine* $D_{\lambda'}$, *lorsque* $\lambda_0 < \lambda' < 1$.

Les théorèmes II, IV et V caractérisent donc complètement les points réguliers et irréguliers des surfaces de niveau.

Voici comment on peut utiliser les théorèmes précédents pour élucider l'importante question de savoir si : *tout ensemble de capacité non nulle a, ou n'a pas, nécessairement des points réguliers.*

S'il existait un tel ensemble sans points réguliers, j'ai montré, dans le Mémoire indiqué, comment on pourrait s'arranger de manière que, en chacun de ses points, la plus petite limite du potentiel de l'ensemble soit inférieure à un nombre fixe $\lambda_0 < 1$.

Tous ses points se trouveraient donc sur toutes les surfaces de niveau $S_{\lambda'}$ où $\lambda_0 < \lambda' < 1$, et seraient irréguliers.

M. O. D. Kellogg a démontré dans une Note précédente des *Comptes rendus* que cela est impossible dans l'espace à deux dimensions.

La question reste ouverte pour les espaces à plus de deux dimensions.

MÉCANIQUE RATIONNELLE. — *Sur la stabilité à la Poisson.* Note de M. **N. Četajev**, transmise par M. Paul Appell.

Ayant eu l'occasion de m'occuper du mouvement d'une masse liquide, j'ai donné à l'unique théorème sur l'instabilité à la Poisson, de Poincaré (*Sur le problème des trois corps et les équations de la dynamique*, p. 69), une extension qu'il peut être intéressant de faire connaître.

Supposons que, dans le mouvement que nous considérons, les trajectoires qui vont des points P_0 d'une région r_0 sont invariantes, quand le temps initial t_0 s'augmente de

$$t_0 + k\tau,$$

où k désigne un nombre entier quelconque et τ une constante, que le point mobile P ne sortira jamais d'une région limitée R, si sa position initiale P_0 se trouve dans R_0, et moyennant certaines hypothèses sur la mesure (volume au sens de Lebesgue) de l'ensemble W de points mobiles

$$\text{mes}\, W = \int_W dx_1\, dx_2 \ldots dx_n$$

pour l'instant $t = t_0 + u\tau$.

Théorème fondamental. — *Presque partout à l'exclusion peut-être d'un ensemble de points de mesure nulle), dans la région r_0, les trajectoires ont la stabilité à la Poisson.*

Désignons par $B_j^{(i)}$ les conséquentes successives ($i = 1, 2, \ldots$) d'une certaine partie B_j de la région r_0. Si $B_j^{(i)}$ et $B_j^{(i+k)}$ ont une partie commune, il est clair que B_j et $B_j^{(k)}$ devront avoir une partie commune.

Soit $A(h)$ l'ensemble de points P_0 de r_0 pour lesquels les distances P_0P_{i0}, où P_i désignent $i^{\text{ième}}$ conséquente de P_0, sont plus grandes que h. $A(h)$ sur chaque valeur de h a le volume mesurable au sens de Lebesgue. Démontrons que

$$\text{mes}\, A(h) = 0.$$

Pour cela, divisons la région r_0 par l'ensemble dénombrable des régions

$$U_1, \quad U_2, \quad \ldots;$$

diamètres, lesquelles soient moins que h, et comprenons

$$B_j = A(h)\, U_j.$$

Nous avons

$$\text{mes}\, A(h) \leqq \sum_j \text{mes}\, B_j.$$

Il est clair que des conséquentes B_j^i et $B_j^{i_k}$ n'ont pas des parties communes et se trouvent dans R. B_j^i sont les ensembles mesurables

$$\sum \text{mes}\, B_j^i < \text{mes}\, R;$$

mais

$$\text{mes}\, B_j^i \geqq \mu\, \text{mes} B,$$

donc

$$\text{mes}\, B_j = 0.$$

Ainsi

$$\text{mes}\, A(h) = 0. \qquad \text{C. Q. F. D.}$$

Le théorème peut être généralisé en supposant qu'il existe une intégrale positive quelconque

$$\int_W M\, dx_1\, dx_2 \ldots dx_n$$

remplaçant l'intégrale $\int_W dx_1\, dx_2 \ldots dx_n$.

MÉCANIQUE. — *Sur un nouveau procédé d'alimentation des moteurs à explosion.* Note de M. **F. Rochefort**, présentée par M. G. Kœnigs.

On sait l'intérêt que présente, au point de vue économique, le remplacement de l'essence, pour l'alimentation des moteurs, par les huiles lourdes trois fois moins coûteuses. Par ailleurs, le développement des applications aéronautiques, où l'expérience ne confirme que trop cruellement la gravité des dangers d'incendie dus à l'essence, donne à ce problème un caractère de plus en plus urgent.

Le moteur à combustion, qui résout la question pour de nombreuses applications industrielles, n'a pu toutefois remplacer le moteur à explosion dans celles où la souplesse de marche, les vitesses élevées et les grandes puissances massiques sont des qualités essentielles. La raison simple en est que l'on dispose, dans le système à explosion, d'un temps relativement

considérable pour préparer un mélange combustible homogène avant l'allumage; au contraire, dans les systèmes à combustion, il est difficile d'obtenir, à des régimes variés, le contact correct, au moment précis de l'injection, du combustible avec l'oxygène qui lui doit correspondre, et d'éviter des décompositions pyrogénées laissant des résidus. De plus, faute de pouvoir utiliser tout l'oxygène de la cylindrée, on ne peut atteindre des valeurs élevées du rendement volumique.

Les multiples tentatives faites, depuis de nombreuses années, pour alimenter les moteurs à explosion en combustibles lourds au moyen de carburateurs chauffés, n'ont jamais donné de résultats bien encourageants. On s'y heurte à des difficultés rédhibitoires qui paraissent inhérentes au principe même de la méthode : ce sont en particulier les recondensations, désastreuses pour la conservation du moteur, et l'absence de souplesse du réglage de réchauffage dans les variations rapides de régime. On peut signaler de plus que la raréfaction de la cylindrée par chauffage de l'admission interdit les hauts rendements massiques.

Il reste alors la solution de préparer mécaniquement un mélange homogène quasi gazeux au moyen d'un injecteur. La difficulté à vaincre est d'obtenir une pulvérisation assez parfaite des combustibles lourds pour que le mélange puisse se comporter comme les mélanges carburés à l'essence, au moment de l'allumage par étincelle. Cette difficulté est considérable au point d'être couramment considérée comme insurmontable.

Nous sommes arrivé à la résoudre, et à conserver, avec l'alimentation au gas-oil pulvérisé, la correction et la souplesse de marche du moteur à essence. Ce résultat a été obtenu en combinant un dispositif spécial de pulvérisateur mixte (actions mécanique et pneumatique) avec une méthode entièrement nouvelle de pulvérisation utilisant, au lieu d'air pur, du gaz comprimé, déjà carburé pour son propre compte, fourni par le moteur lui-même.

Au début de la course de compression, une soupape démasque des ajutages par lesquels une chambre auxiliaire pleine de gaz carburé comprimé se décharge dans le cylindre. Le jet gazeux déchire transversalement une nappe liquide très mince laminée par une pompe d'injection devant la sortie des ajutages; il réalise sa pulvérisation et son mélange homogène avec l'air de la cylindrée. Une fois l'équilibre établi, le piston, qui continue à monter, refoule dans la chambre auxiliaire une partie du gaz normalement carburé qui a été ainsi préparé. Un peu avant l'allumage, les communications sont refermées, isolant dans la chambre auxiliaire une masse de gaz carburé

identique (en régime permanent) à celle qu'elle contenait avant l'injection.

On peut, avec ce processus, utiliser des chutes de pression sous des rapports élevés (4 à 1, 5 à 1, et plus), irréalisables dans les pulvérisateurs à succion, et difficiles à obtenir dans les pulvérisateurs de Diesel, à cause des grandes valeurs de la pression d'aval. Elles fournissent des pulvérisations extrêmement fines, encore beaucoup améliorées par ce fait que la carburation préalable du gaz pulvérisateur diminue le rapport entre la masse liquide à pulvériser et la masse gazeuse dans laquelle on doit la répartir.

De plus cette solution, comparée à celle qui comporterait un compresseur auxiliaire de pulvérisation, réalise une grosse simplification de construction et une importante économie d'utilisation en évitant les très mauvais rendements de ces appareils.

Dans le cas des moteurs polycylindriques, la chambre prend la forme d'un collecteur d'intercommunication dans lequel débouchent les injecteurs à soupapes des divers cylindres : c'est la solution logique et normale où ce nouveau système trouve son application la plus parfaite grâce au brassage intense qu'assurent les transvasements de cylindre à cylindre ([1]). On peut toutefois l'appliquer même à des moteurs monocylindriques, la chambre devenant un simple cul-de-sac : l'expérience a montré que, même sous cette forme imparfaite, le système donne des résultats remarquables.

Le réglage est fait par action simultanée sur l'admission d'air et sur l'injection de combustible.

Le procédé peut être appliqué, par addition des organes spéciaux d'injection (et suppression des carburateurs), sur des types de moteurs à explosion consacrés par l'expérience, et en particulier sur des moteurs d'aviation, pour apporter une solution rapide au grave problème de sécurité auquel il a été fait allusion plus haut.

L'injection du combustible étant faite dans le cylindre une fois clos, le système se prête aussi bien à la réalisation de moteurs à deux temps que de moteurs à quatre temps.

([1]) Ces transvasements sont d'ailleurs un facteur particulièrement avantageux pour le bon équilibrage de marche des divers cylindres.

MÉCANIQUE. — *Les équations du mouvement d'une voiture automobile.* Note de M. **J. Peltier**, présentée par M. Rateau.

J'écris l'équation du mouvement du centre de gravité sous la forme

$$\frac{P_0}{g}\frac{dV}{dt} = \frac{\Gamma}{R} - \Phi - P \sin\alpha, \tag{1}$$

P désignant le poids total de la machine en ordre de marche, et

$$P_0 = P + \frac{1}{V^2}\sum p_i r_i^2 \Omega_i^2,$$

tenant compte de l'inertie des organes en rotation;

V, vitesse de translation du centre de gravité;
Γ, couple effectivement utilisable sur les roues;
R, rayon de roulement des roues propulsives;
Φ, ensemble des résistances (air, frottements de roulement, etc.);
α, pente du terrain (angle) sur l'horizontale;
C, couple sur l'arbre moteur à la vitesse angulaire Ω;
$k < 1$, $k' < 1$, rapports de réduction de la boîte de vitesse et du pont arrière.

Je puis définir le rendement global de la transmission ρ par l'expression

$$C\Omega\rho = C\Omega - (\psi + \varepsilon C\Omega), \tag{2}$$

ψ, pertes de puissance fonction de la vitesse (battage de l'huile, etc.); εCΩ, pertes fonction de la charge (ε dépendant du nombre de couples d'engrenages en prise).

Je détermine expérimentalement l'ensemble $\Phi + \frac{\psi}{V}$, grâce à *des mesures à l'accéléromètre* sur voiture roulant moteur débrayé. J'obtiens ainsi à quelques pour 100 près (par la méthode des moindres carrés) l'expression à coefficients positifs suivante :

$$\Phi + \frac{\psi}{V} = a + bV + cV^2. \tag{3}$$

Posant alors $\Gamma = \frac{C\rho}{kk'}$ et tenant compte de (2), puis supposant le mouvement sans glissement, j'obtiens :

$$\frac{\Gamma}{R} = \frac{C(1-\varepsilon)}{Rkk'} - \frac{\psi}{V}. \tag{4}$$

Des recherches analytiques d'essais permettent d'écrire avec une très bonne approximation :

(5) $$C = a' + b'\Omega + c'\Omega^2$$

($a' > 0$, $b' > 0$, $c' < 0$. Pleine ouverture du carburateur).

Tenant alors compte de (3), (4) et (5), puis posant

(6) $$\begin{cases} A_0 = \dfrac{1-\varepsilon}{Rkk'}\, a' - a - P\sin\alpha, \\ B_0 = \dfrac{1-\varepsilon}{(Rkk')^2}\, b' - b, \\ C_0 = \dfrac{1-\varepsilon}{(Rkk')^3}\, c' - c. \end{cases}$$

l'équation du mouvement devient

(7) $$\frac{P_0}{g}\frac{dV}{dt} = A_0 + B_0 V + C_0 V^2;$$

et son intégration, supposant constante ou nulle la pente du terrain, donne

(8) $$t = \frac{1}{\Delta}\log_e \frac{(\Delta - B_0 - 2C_0 V)(\Delta + B_0 + 2C_0 V_i)}{(\Delta + B_0 + 2C_0 V)(\Delta - B_0 - 2C_0 V_i)}$$

avec

$$\Delta = \sqrt{B_0^2 - 4A_0C_0}.$$

et la vitesse limite, atteinte lorsque $t = \infty$, peut s'écrire

(9) $$V_L = \frac{-B_0 - \Delta}{2C_0}.$$

Le maximum de $\frac{dV}{dt}$, soit γ_M, a lieu pour une vitesse

(10) $$V' = \frac{-B_0}{2C_0},$$

comprise entre $V = 0$ et $V = V_i$. Il est donné par

(11) $$\frac{P_0}{g}\gamma_M = \frac{\Delta^2}{-4C_0},$$

ou enfin, d'après (9),

(12) $$\frac{P_0}{g}\gamma_M = \frac{(B_0 + 2C_0V_i)^2}{-4C_0}.$$

En résumé, pour telles valeurs données de V_i, les accélérations seront d'autant plus grandes que B_0 sera plus fort et $-C_0$ plus faible, ainsi que P_0.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur l'écoulement à travers un orifice rectangulaire long et étroit.* Note [1] de M. **R. Mazet**, présentée par M. G. Kœnigs.

Soit un liquide pesant qui s'écoule par un orifice rectangulaire horizontal situé au fond d'un vase dont les parois latérales sont très éloignées. L'orifice est assez long pour que, vers son centre, le mouvement puisse être regardé comme parallèle à un plan fixe vertical xOz ($x'Ox$: trace du fond du vase, $z'Oz$: verticale ascendante). L'hypothèse dont nous sommes partis dans une précédente Note [2], en vue d'exprimer simplement le potentiel des vitesses $\varphi(x, z \mid t)$, revient à admettre qu'à une distance déterminée R de l'orifice le mouvement du liquide est insensible et la pression sensiblement égale à la pression hydrostatique $p_1 - \rho g z$. On peut donc écrire, à partir de l'équation fondamentale $\frac{V^2}{2} + \frac{\partial\varphi}{\partial t} + \frac{p}{\rho} + gz = 0$ et pour $x^2 + z^2 = R^2$, $z \geqq 0$:

$$\frac{\partial\varphi}{\partial t} = -\frac{p_1}{\rho}.$$

Soit AB l'orifice (A d'abscisse $a > 0$, B d'abscisse $b < 0$). En posant :

$$\frac{\partial q}{\partial t} = -\int_b^a \frac{\partial^2\varphi(x, 0 \mid t)}{\partial z\, \partial t}\, dx$$

et supposant, comme il est logique de le faire, $\frac{4R}{a-b}$ (que nous désignerons par σ) grand vis-à-vis de l'unité, on a sensiblement pour $x^2 + z^2 = R^2$, $z \geqq 0$:

$$\frac{\partial\varphi}{\partial t} = -\frac{1}{\pi}\left[\frac{\partial q}{\partial t}\log\sigma - \int_0^\pi \frac{\partial\varphi(x', 0 \mid t)}{\partial t}\, d\Theta\right] \qquad \left(x' = \frac{a-b}{2}\cos\Theta + \frac{a+b}{2}\right),$$

et, par suite,

$$(1) \qquad \frac{\partial q}{\partial t} = \frac{1}{\log\sigma}\left[\pi\frac{p_1}{\rho} - \int_0^\pi \left(\frac{V^2}{2} + \frac{p}{\rho}\right)_{\substack{x=x' \\ z=0}} d\Theta\right].$$

Dans un écoulement observé, l'expérience peut fournir $\frac{\partial q}{\partial t}$ (dérivée du débit) et p_1, ainsi que la vitesse V et la pression p en chaque point de l'orifice. La formule (1) fixe alors σ, d'où R, et le potentiel des vitesses ne peut être représenté, d'une manière approchée, par un potentiel logarithmique

(1) Séance du 8 octobre 1928.

(2) *Sur l'écoulement par jet* (*Comptes rendus*, 183, 1926, p. 735).

qu'à l'intérieur du demi-cylindre $x^2+z^2=R^2$, $z \geqq 0$. Cette représentation n'est valable dans tout le liquide (pour $z \geqq 0$) que lorsque $\frac{\partial q}{\partial t}=0$ (cas, entre autres, du mouvement permanent) : dans ce cas, le crochet est nul et σ est arbitraire.

Pour fixer *a priori* σ, on peut faire le raisonnement suivant : La plus grande hauteur à laquelle puisse s'élever le liquide au-dessus de l'orifice est $h=\frac{p_1}{\rho g}$. On doit donc prendre, pour que la région considérée ne sorte pas du liquide, $R \leqq h$. Mais, d'autre part, l'hypothèse initiale est d'autant plus exacte que R est plus grand. On est donc conduit finalement à prendre $R=h$, d'où $\sigma=\frac{4h}{a-b}$.

Pour achever de définir le mouvement à l'instant t, nous supposerons connue la fonction $\varphi(x, 0 \mid t)$ pour $a \geqq x \geqq b$. On a alors

$$\frac{\partial \varphi(x, 0 \mid t)}{\partial z}=-\frac{2}{\pi \sqrt{(a-x)(x-b)}}\left[q(t)+\frac{(a-b)^2}{4} \int_0^\pi \frac{\partial \varphi(x', 0 \mid t)}{\partial x'} \frac{\sin^2 \Theta}{x-x'} d\Theta\right],$$

$$q(t)=\frac{1}{\log \sigma}\left[\int_0^\pi \varphi(x', 0 \mid t)\, d\Theta+\pi(ght-\varphi_0)\right]$$

($a \geqq x \geqq b$, φ_0 : constante déterminée avec les conditions initiales).

Les conditions de l'écoulement par jet aux deux bords, exprimées par $\varphi'_z(a, 0 \mid t)=\varphi'_z(b, 0 \mid t)=0$, équivalent aux suivantes :

$$(\mathrm{J}) \left\{\begin{array}{l}\displaystyle\int_0^\pi \frac{\partial \varphi(x', 0 \mid t)}{\partial x'} d\Theta=0, \\ \displaystyle\int_0^\pi \varphi(x', 0 \mid t)\, d\Theta+\frac{(a-b) \log \sigma}{2} \int_0^\pi \frac{\partial \varphi(x', 0 \mid t)}{\partial x'} \cos \Theta\, d\Theta+\pi(ght-\varphi_0)=0.\end{array}\right.$$

Supposons maintenant que l'orifice s'ouvre symétriquement par rapport à O suivant la loi $b=-a$, $t=\int_0^a \omega(a')\, da'$ $[\omega(a') \geqq 0]$. Pour achever de déterminer le mouvement du liquide partant du repos ($\varphi_0=0$), nous nous donnerons la fonction [1]

$$\varphi'_t(x, 0 \mid t)=\chi(x \mid a) \qquad (|x| \leqq a)$$

supposée, ainsi que χ'_x, finie et continue par rapport à x et bornée par rap-

[1] *Sur l'écoulement d'un liquide à partir du repos dans un liquide de même densité en mouvement permanent* (*Comptes rendus*, 184, 1927, p. 799).

port à a. Le potentiel des vitesses est alors défini par

$$\varphi(x, 0 \mid t) = \int_0^{|x|} \frac{\partial\varphi(x, 0 \mid t')}{\partial t'} \omega(a')\, da' + \int_{|x|}^{a} \chi(x \mid a')\, \omega(a')\, da' \qquad (|x| \leqq a),$$

avec

$$\frac{\partial\varphi(x, 0 \mid t')}{\partial t'} = -\frac{1}{\pi}\left[\frac{\partial q}{\partial t'} \log \frac{|x| + \sqrt{x^2 - a'^2}}{a'} - \sqrt{x^2 - a'^2} \int_0^{\pi} \frac{\chi(x' \mid a')}{|x - x'|}\, d\Theta\right]$$

$$(|x| \geqq a,\ x' = a' \cos\Theta),$$

$$\frac{\partial q}{\partial t'} = \frac{1}{\log \frac{2R}{a'}}\left[\int_0^{\pi'} \chi(x' \mid a')\, d\Theta + \pi g h\right].$$

On démontre que la fonction $\varphi(x, 0 \mid t)$ $(|x| \leqq a)$ vérifie, quel que soit t, les conditions (J). D'autre part, pour que φ'_x soit continue au point zéro, il faut et il suffit que

$$[\chi(0 \mid a) + gh]\, \frac{\omega(a)}{\log \frac{2R}{a}} \to 0 \quad \text{quand} \quad a \to 0.$$

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Le problème de la marée de l'Euripe.* Note de M. **D. Éginitis**, présentée par M. G. Bigourdan.

Depuis l'antiquité, un grand nombre de savants se sont occupés du *problème de l'Euripe;* ainsi on a pu expliquer quelques-unes des nombreuses questions dont il est composé, mais pas toujours avec les preuves scientifiques nécessaires ou d'une manière complète.

La solution donc *générale* et *complète* de ce problème n'a pas été donnée jusqu'ici. Dans un Mémoire qui va être publié prochainement, j'ai traité cette solution au moyen des observations faites par Mansell Miaoulis et le Service Hydrographique hellénique, ayant aussi pris en considération et discuté les beaux travaux relatifs de MM. Forel, Miaoulis, Krümmel, Endros et von Sternech fils. Je vais résumer ici mes conclusions, relatives aux principales questions de ce problème.

1. La marée de l'Euripe est presque exclusivement une *marée dérivée*, provenant non pas seulement de la mer Égée, comme on a supposé jusqu'ici, mais principalement de la Méditerranée orientale, qui oscille simultanément avec la Méditerranée occidentale. La mer Égée serait ainsi le canal par lequel sont transmises les ondes des marées, formées dans le bassin oriental méditerranéen. La grande différence des temps d'établissement des deux

ports de Chalcis (Nord et Sud), situés de part et d'autre du détroit de l'Euripe, à une distance de 40 mètres seulement l'un de l'autre, ainsi que l'identité absolue du rapport $\frac{S_2}{M_2}$ dans le port sud et dans la Méditerranée orientale, confirment l'exactitude de cette hypothèse. Sans cette origine de la marée de l'Euripe, origine qui constitue une des questions fondamentales de son problème, plusieurs de ces questions resteraient inexplicables.

2. *Le courant réglé*, qui s'établit pendant 23-24 jours du mois lunaire, aux environs et pendant les syzygies, commence à la mi-marée montante, sa vitesse augmente jusqu'au moment de la haute mer et diminue ensuite, pour s'annuler à la mi-marée descendante, à partir de laquelle il est remplacé par le courant de jusant. Le courant réglé, suivant l'opinion que M. Endros a proposée le premier, mais sans en donner aucune démonstration, est l'effet de la *grande différence du niveau des deux ports*. En effet, nous avons démontré, de même que M. Sterneck, que, *par suite du frottement du golfe en général et de l'étroitesse du détroit*, l'oscillation *unique*, suivant la théorie des ondes dérivées dans les canaux, est impossible; il s'ensuit donc que *les deux ports de Chalcis oscillent indépendamment l'un de l'autre* et, par conséquent la différence de leur niveau est la seule cause qui produit ce courant réglé. Ce résultat *théorique*, nous avons pu le confirmer et le compléter par plusieurs autres démonstrations plus sûres, tirées des observations; ce sont des preuves nécessaires, mais qui n'étaient pas données jusqu'ici.

3. *La grande différence du niveau des deux ports* ($0^m,78 - 0^m,32 = 0^m,46$ vers les syzygies) est, suivant nos calculs, qui s'accordent avec ceux de M. Sterneck, l'effet de la différence de la quantité d'eau qui arrive à ces ports, pendant une demi-période de la marée; d'ailleurs la configuration de ces ports ainsi que d'autres causes, comme le vent et la variation de la pression barométrique, y contribuent aussi.

4. Le *courant déréglé*, qui s'établit pendant 2-3 jours après chaque quadrature et change de sens jusqu'à 12-15 fois par jour, sans suivre aucune règle, est l'effet non seulement de l'action des *seiches*, comme l'a supposé Forel, mais d'autres causes aussi. Malgré l'ancienne tradition, suivant laquelle Aristote, n'ayant pas pu expliquer les courants déréglés de l'Euripe, s'y est noyé, c'est le grand Stagirite pourtant qui les a expliqués le premier par sa théorie des ὀαλαντώσεων (balancements) exposée dans un passage de ses *Météorologiques* (II, 1). Ce n'est que 2200 ans après que Forel les a expliqués par la même théorie (des *seiches*). Suivant cette

théorie, la grande différence du niveau n'existant plus vers les quadratures, par suite de la grande valeur de $\frac{S_2}{M_2}$, l'action des seiches dépasse alors la marée lunisolaire et produit ainsi les fréquents changements de sens du courant dans l'Euripe.

5. La *grande différence des temps d'établissement des deux ports* ($1^h 15^m$), quand on suppose que la marée provient de la Méditerranée orientale, s'explique aisément par la différence des temps, égale précisément à $1^h 15^m$, que met l'onde pour arriver aux deux ports. C'est par cette différence des temps d'établissement que nous avons expliqué aussi le phénomène de l'apparition en même temps du flux d'un côté et du reflux de l'autre du détroit de l'Euripe.

6. Le *retard diurne* de la marée, qui est très petit ($22^m,2$) vers les syzygies et très grand vers les quadratures et fut considéré comme *unique* à l'Euripe ou *impossible*, est conforme à la théorie des marées et s'explique facilement par la grande valeur de $\frac{S_2}{M_2}$; les valeurs des ondes harmoniques, mises dans les formules relatives de la théorie des marées, nous donnent des résultats conformes à l'observation. Ce phénomène est général aux côtes et c'est seulement par son degré qu'il diffère à l'Euripe, où il est tel qu'il doit être dans tous les pays où le rapport $\frac{S_2}{M_2}$ est aussi grand.

7. Le *renversement des heures* de la première haute mer après la fin du courant déréglé, *comme s'il y manquait une basse mer*, est l'effet de la grande différence des valeurs du retard diurne et, par conséquent, de la grande valeur de $\frac{S_2}{M_2}$.

8. La *durée du courant* N est plus grande que celle du courant S de 27^m; cette différence provient de celle de la distance des phases extrêmes de la marée par rapport au niveau moyen. L'explication donnée par M. Endros et suivant laquelle elle est due à la différence de niveau plus grande durant le courant N n'est pas confirmée par l'observation.

9. L'*oscillation irrégulière incessante* du port S, ainsi que celle moins fréquente et plus faible du port N sont produites par les seiches locales et les autres oscillations irrégulières, qui proviennent de différentes causes intérieures et extérieures et non seulement des termes successifs du développement harmonique en série, mais surtout de l'effet des réflexions et des interférences qui ont lieu sur les côtes et dans les golfes fort nombreux de la Méditerranée et principalement de la mer Égée.

ASTRONOMIE. — *Recherches sur la position de l'axe de rotation de la planète Vénus.* Note de M. **R. Jarry-Desloges**, présentée par M. Bigourdan.

Au cours de l'élongation du soir de la planète Vénus en 1922, un grand nombre de très bons dessins de l'aspect de cette planète ont été obtenus en juin et juillet à mon observatoire de Sétif par M. G. Fournier, au réfracteur de 37cm. Il semble que la période d'observations ait coïncidé avec des circonstances exceptionnellement favorables à la visibilité des plages claires ou sombres. Ces dernières ont montré une intensité de contraste relativement très accentuée, eu égard à ce qui est observé habituellement à la surface de la planète.

Plus encore, peut-être que leur intensité, leur disposition était significative, se groupant pour la plupart sous forme de longues bandes parallèles, et conservant ce caractère malgré des incurvations plus ou moins prononcées. Pareille structure n'était, du reste, pas nouvelle pour nous, ayant déjà été enregistrée à Sétif par le même observateur en 1913 et en 1920, et aussi, par M. P. Briault. On trouvera le détail de ces observations dans les fascicules IV, V et VII de mes *Observations des surfaces planétaires*.

Considérant, par analogie avec ce que l'on constate sur Terre, dans les régions subtropicales, que ces zones sombres pouvaient représenter des régions de transparence maximum dans l'épaisse atmosphère de la planète, M. G. Fournier a admis, avec quelque vraisemblance, qu'elles devaient s'étendre suivant des parallèles à l'équateur planétaire et déterminer, par conséquent, la direction de celui-ci.

Utilisant ses propres observations de 1913, 1920 et 1922 pour développer cette hypothèse, il en conclut que le pôle boréal de Vénus doit être localisé dans les parages de la position suivante :

Longitude : 317°,5. Latitude : +41°,5.

Dans ces conditions, l'inclinaison de l'axe de rotation de la planète sur le plan de son orbite serait de 45°,5 environ et l'angle fait par ce même plan orbital et le plan équatorial, de 44°,5. Ainsi les tropiques et les cercles polaires seraient presque exactement superposés, les zones tempérées étant totalement absentes.

Il y a lieu de remarquer que plusieurs excellents dessins pris en 1922 montrent une bande sombre importante précisément vers la latitude aphrodigraphique de +45°, et particulièrement celui du 7 juillet, la latitude du

centre étant à cette date de $+46°,5$. Le 11 novembre 1913 c'était aussi le pôle boréal qui s'inclinait vers l'observateur; mais le 5 avril 1920, c'était au contraire l'hémisphère austral qui se présentait à lui : latitudes du centre respectives : $+14°20'$ et $-37°27'$.

Les diverses quantités énoncées précédemment ne doivent du reste être considérées que comme des données de première approximation, l'erreur probable étant assez forte : la position des bandes sombres ayant été relevée sur les dessins par rapport à la ligne des cornes, ce mode de procéder a dû vraisemblablement introduire d'importantes causes d'incertitude. Toutefois, ainsi établie, la position de l'axe de rotation paraît digne d'intérêt, étant susceptible de rendre des services pour les recherches spectroscopiques appliquées à la durée de rotation.

La valeur importante de l'inclinaison, combinant ses effets avec ceux de la phase, suffit d'autre part à expliquer les désaccords apparents si considérables entre les aspects enregistrés par des observateurs également habiles et dignes de foi.

Les divers éléments de la présente discussion seront publiés dans le fascicule VIII des *Observations des surfaces planétaires*. Il semble en outre que les documents en notre possession permettent également d'obtenir une valeur approchée de la durée de rotation de la planète Vénus.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur les espaces vibrants de M. Winter.* Note de M. **Paul Lévy**, présentée par M. Ch. Fabry.

Dans une Note antérieure, rédigée en collaboration avec M. Winter [1], nous avons posé le problème de la recherche d'un ds^2 de Schwarzschild généralisé, de la forme

$$(1)\qquad ds^2 = -X(r,t)\,dr^2 - Y(r,t)(d\theta^2 + \sin^2\theta\,d\varphi^2) + Z(r,t)\,dt^2.$$

L'objet de cette Note est d'indiquer la solution de ce problème, que nous avons obtenue grâce à l'aide de M. G. Cerf. Dans un Mémoire paru il y a quelques jours, M. Mineur [2] a résolu le même problème, auquel il avait été conduit par des considérations très différentes de celles de M. Winter;

(1) Winter et Paul Lévy, *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 504.

(2) H. Mineur, *Sur les ondes de gravitation* (*Bull. de la Soc. math. de France*, 56, 1928, p. 50-73).

la présente Note peut tout de même être utile, tant parce que notre méthode d'intégration est différente de celle de M. Mineur que parce que les lecteurs de notre précédente Note peuvent n'avoir pas connaissance du Mémoire de cet auteur.

Nous avons indiqué dans la Note citée la forme des conditions

$$(2) \qquad R_{1,1}=0, \qquad R_{2,2}\equiv R_{3,3}=1, \qquad R_{4,4}=0.$$

Il y a lieu de former en outre les conditions $R_{i,j}=0$, qui, à l'inverse de ce qui se produit dans le cas de Schwarzschild, ne sont pas identiquement vérifiées. On obtient une quatrième équation qui, si $X=Z$, se réduit à

$$(3) \qquad 2\frac{\partial^2 Y}{\partial r\,\partial t}-\frac{1}{Y}\frac{\partial Y}{\partial r}\frac{\partial Y}{\partial t}-\frac{1}{X}\left(\frac{\partial X}{\partial r}\frac{\partial Y}{\partial t}+\frac{\partial X}{\partial t}\frac{\partial Y}{\partial r}\right)=0.$$

On peut d'ailleurs, sans calculer effectivement les $R_{i,j}$, former cette équation en observant que les conditions (2) doivent rester vérifiées pour tout changement de variables effectué sur r et t et ne modifiant pas la forme (1) de l'élément linéaire; il n'en est ainsi qu'en vertu de (3) [1].

Par un tel changement de variables, on peut rendre X et Z égaux, ce que nous avons supposé fait en écrivant l'équation (3). La seconde équation (2) se réduisant alors à

$$(4) \qquad 2X=\frac{\partial^2 Y}{\partial r^2}-\frac{\partial^2 Y}{\partial t^2},$$

l'élimination de X est immédiate et donne un système (S) de trois équations vérifiées par Y. Ce système est vérifié, en particulier, par la fonction de Schwarzschild $Y_0(r)=\rho^2$, $\rho=\varphi(r)$ étant une fonction de r définie par la relation

$$(5) \qquad r-r_0=\rho+a\log\frac{\rho-a}{a},$$

où r_0 et a sont constants.

De toute solution de ce système (S), on déduit évidemment d'autres solutions par la transformation

$$(6) \qquad r_1+t_1=f(r+t), \qquad r_1-t_1=g(r-t).$$

De la solution de Schwarzschild, on déduit ainsi les solutions

$$(7) \qquad Y(r,t)=\rho_1^2=\varphi^2(r_1)=\varphi^2\left[\frac{1}{2}f(r+t)+\frac{1}{2}g(r-t)\right].$$

---

[1] Il suffit d'ailleurs, pour arriver à cette conclusion, de considérer les changements de variables de la forme indiquée ci-dessus, formules (6).

dépendant des fonctions arbitraires f et g et de la constante a (la constante r_0 rentrant dans les fonctions arbitraires). Par l'élimination de ces fonctions arbitraires, on obtient sans difficulté une équation de la forme

$$(8) \qquad \Phi\left[\frac{\partial^2 Y}{\partial r^2} - \frac{\partial^2 Y}{\partial t^2}, \frac{\partial Y}{\partial r}, \frac{\partial Y}{\partial t}, Y\right] = \text{const.} \quad (^1).$$

Or les équations

$$\Phi'_r = \Phi'_t = 0$$

sont des combinaisons évidentes des équations du système (S). Ce système n'a donc pas d'autres solutions que les solutions évidentes *a priori* définies par la formule (7) ([2]).

Il n'y a donc pas d'ondes de gravitation (résultat obtenu par M. Mineur). Il ne peut y avoir que des ondes *apparentes*, définies, si elles sont très petites, par la formule

$$(9) \quad \delta Y = (\rho_1 - a)[\delta f(r+t) + \delta g(r-t) - 2\,\delta r_0] + 2a\,\delta a\left(1 - \frac{\rho_1 - a}{a}\log\frac{\rho_1 - a}{a}\right).$$

Au point de vue du problème de M. Winter, on n'obtient aucune solution, du moins si l'on conserve les équations du champ sous leur forme classique et l'hypothèse de la symétrie sphérique.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la structure des alliages cuivre-étain.* Note ([3]) de MM. **W. Broniewski** et **B. Hackiewicz**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Dans les alliages cuivre-étain l'existence des combinaisons Cu^4Sn et Cu^3Sn peut être considérée comme établie. Par contre, la phase ξ, dont les limites sont indiquées différemment par divers auteurs entre les propor-

([1]) Cette équation a été obtenue d'abord par M. Cerf, qui y est arrivé par l'application de ses méthodes pour l'étude des systèmes d'équations aux dérivées partielles, et sans utiliser les considérations développées dans la présente Note.

([2]) Les solutions (6) et (7) de notre précédente Note, en particulier, rentrent dans cette formule, a étant supposé nul, c'est-à-dire qu'elles représentent des ds^2 euclidiens. Nous avons été conduits à ces solutions parce qu'elles représentent des formes réduites pour des changements de variables effectués *séparément* sur r et sur t, ce qui n'est pas en contradiction avec la présente remarque.

([3]) Séance du 8 octobre 1928.

tions extrêmes de 40 à 50 pour 100 atomiques d'étain, n'a pas été identifiée définitivement.

L'un de nous (Broniewski, 1916), ayant passé en revue tous les travaux sur les alliages cuivre-étain, avait cru pouvoir assimiler cette phase au composé CuSn. M. Isihara (1924) arriva au même résultat en étudiant la fusibilité par la méthode de la résistance électrique, alors que MM. Bauer et Vollenbruch (1922) admettent que la combinaison Cu^6Sn^5 ressort de l'analyse thermique.

Cette incertitude, persistante après de nombreuses recherches, est due surtout à la lenteur extrême dans l'établissement de certains équilibres, lenteur accentuée encore par la nécessité d'effectuer le recuit d'une grande partie des alliages au-dessous de 225°, température du liquidus. L'analyse thermique n'indique les équilibres que partiellement; les alliages étudiés à la température ambiante restent hétérogènes dans les conditions ordinaires de recuit variables entre quelques dizaines et quelques centaines d'heures.

Il nous a donc paru intéressant de reprendre l'étude de la structure des alliages cuivre-étain, à la température ordinaire, dans un état d'équilibre plus complet que ne l'avaient obtenu les recherches précédentes.

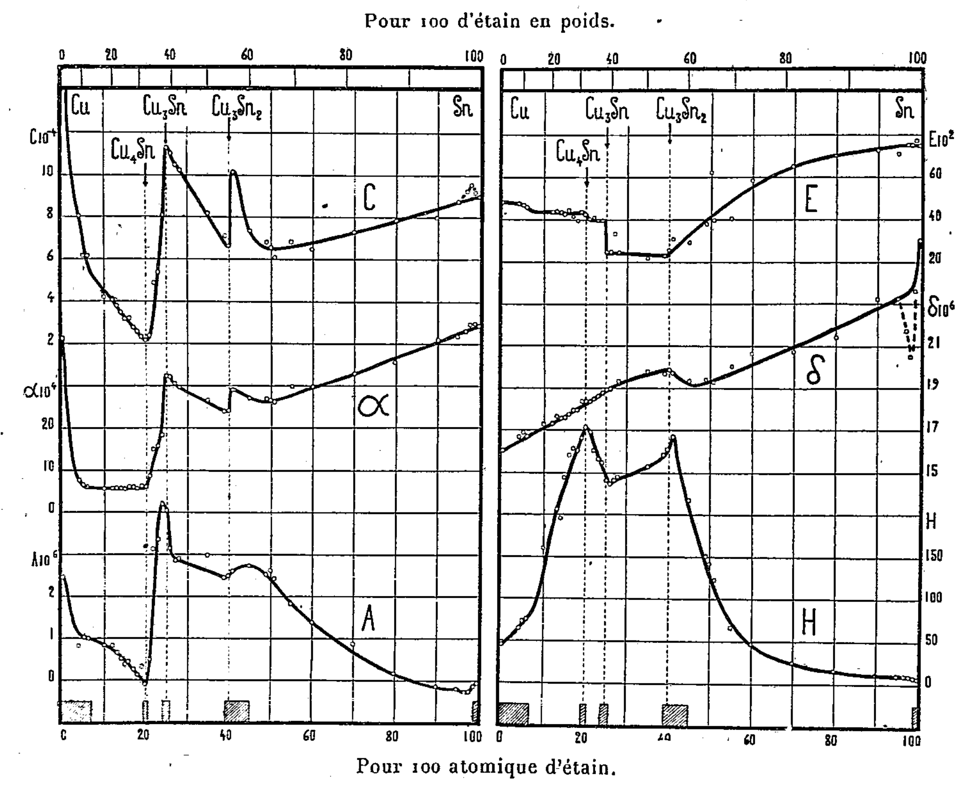
Jusqu'à la teneur de 24 pour 100 atomiques d'étain, les alliages étaient recuits dans le vide 330 heures à 620° et 670 heures à 400°. Les échantillons de 25 à 40 pour 100 d'étain furent consécutivement recuits 1000 heures à 400° et 6000 heures à 200°. Enfin, les alliages à plus de 40 pour 100 atomiques d'étain subirent un recuit uniforme de 7000 heures (42 semaines) à 200°.

L'étude comprenait la mesure de la conductivité électrique à 0°, du coefficient de température de la résistance électrique entre 0 et 100°, du pouvoir thermo-électrique à 0° et de sa variation entre — 78° et + 100°, de la force électromotrice de dissolution, du coefficient de dilatation à 0° et de sa variation entre —186° et + 218° et de la dureté Brinell. La micrographie contrôlait ces mesures auxquelles furent soumis successivement les échantillons bruts de coulée et recuits.

De cette étude, qui va être publiée, nous extrayons quelques courbes, concernant les alliages recuits, et les reproduisons sur la figure ci-après. Elles diffèrent assez sensiblement de celles obtenues par nos prédécesseurs (Calvert et Johnson, 1861; Puschin, 1908; Honghton, 1911, et Ledoux, 1912).

Nous voyons que les courbes C, α, A et H indiquent le composé Cu^4Sn;

les mêmes, complétées par la courbe E, manifestent la présence de Cu^3Sn. Enfin, toutes les courbes mettent en évidence la combinaison Cu^3Sn^2.



C, conductivité électrique; α, coefficient de température de la résistance; A, pouvoir thermo-électrique par rapport au plomb; E, valeurs maxima de la f. e. m. de dissolution; δ, coefficient de dilatation; H, dureté Brinell. Les hachures indiquent les solutions solides.

La combinaison Cu^3Sn^2, qui n'avait pas encore été signalée, précise donc la phase ε. Sa formation au recuit apparaît très lente, comme le démontre la comparaison de ses propriétés après la coulée et à diverses étapes de l'homogénéisation; ainsi, par exemple, la dureté se trouve doublée par le recuit. Pourtant, même après un recuit de 42 semaines, la micrographie montre encore quelques faibles traces de phase étrangère, témoignant ainsi que l'équilibre définitif, bien que proche, n'avait pas été atteint.

La structure des alliages cuivre-étain est bien plus simple à la température ordinaire qu'au solidus. La solution solide de l'étain dans le cuivre atteint 7 pour 100 atomiques, alors que celle du cuivre dans l'étain paraît inférieure à 1 pour 100. Le composé Cu^3Sn^2 dissout environ 1 pour 100 atomique de cuivre et 5 pour 100 d'étain; Cu^3Sn paraît dissoudre environ

1 pour cent des deux métaux constituants (voir la courbe A), alors que Cu^4Sn ne forme que des mélanges.

La lenteur dans l'établissement des équilibres, mise en évidence par notre étude, montre l'importance prépondérante du recuit dans l'étude de la structure des alliages par les méthodes indirectes. Nous en avons eu déjà un aperçu dans les recherches récentes sur les alliages étain-antimoine ([1]) et il paraît légitime d'admettre que la discordance constatée si souvent entre différents essais dans l'étude des alliages est surtout attribuable à un recuit variable et insuffisant.

OPTIQUE. — *Dépolarisation des radiations secondaires dans la lumière complexe qui résulte de la diffusion moléculaire d'une radiation monochromatique.* Note de M. **Jean Cabannes**, présentée par M. Ch. Fabry.

C.-V. Raman a découvert ([2]) que, lorsqu'on éclaire un milieu transparent (liquide, gazeux ou cristallisé) par une radiation monochromatique de fréquence N, le spectre de la lumière diffusée comprend outre la radiation principale N, des radiations secondaires $N - n_1$, $N - n_2$, ... Les diminutions de fréquence n_1, n_2, ... paraissent rigoureusement indépendantes de la lumière incidente et sont étroitement liées aux fréquences propres des molécules ([3]). D'autre part Raman observa que « ces nouvelles radiations diffusées sont en général fortement polarisées ».

Or nous avons calculé, Rocard et moi, le facteur de dépolarisation ρ de ces nouvelles radiations dans la théorie électronique de Maxwell-Lorentz, en supposant que l'onde lumineuse monochromatique incidente induit dans les molécules un moment électrique, *qui n'est pas sinusoïdal parce que les molécules, anisotropes, sont en rotation de vibration.*

Cette théorie prévoit des raies secondaires dans le spectre de la lumière diffusée, et l'on trouve, pour le facteur de dépolarisation relatif à ces raies (à 90° du faisceau incident), la valeur constante $\frac{6}{7}$ (lumière incidente naturelle). Cette valeur est celle que donneraient, dans la diffusion ordinaire

---

([1]) Broniewski et Sliwowski, *Comptes Rendus*, 186, 1928, p. 1615.

([2]) C.-V. Raman, *Indian Journal of Physics*, 2, 1928, p. 1-12. — C.-V. Raman et K.-S. Krishnan, *ibid.*, 2, 1928, p. 399-419.

([3]) J. Cabannes et P. Daure, *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 1533. — P. Daure, *ibid.*, 186, 1928, p. 1833.

sans changement de longueur d'onde, les fluctuations en orientation envisagées seules; mais les fluctuations en densité, qui produisent une diffusion complètement polarisée, diminuent cette valeur, de telle sorte que, dans la théorie classique, les raies secondaires $N - n_1$, $N - n_2$, ... $\left(\rho = \frac{6}{7}\right)$ seraient moins fortement polarisées que la raie principale $N\left(\rho < \frac{6}{7}\right)$. Ce résultat est en contradiction avec les observations de Raman, mais on sait déjà que la théorie électronique de Lorentz est insuffisante pour expliquer l'effet Raman ([1]).

Dans ces conditions, j'ai entrepris des mesures de dépolarisation sur les deux liquides les mieux étudiés en ce qui concerne la diffusion moléculaire : le benzène et l'éther éthylique. Ces mesures m'ont conduit aux lois suivantes :

1° *Si l'on éclaire le liquide avec différentes radiations* N, N', ... *toutes les raies secondaires* $N - n_1$, $N' - n_1$, ..., *relatives à une même diminution de fréquence, ont même dépolarisation.*

2° *Cette dépolarisation varie d'ailleurs dans de larges limites suivant la diminution de fréquence considérée; elle peut être inférieure* (ou supérieure) *à la dépolarisation des radiations diffusées sans changement de longueur d'onde.*

Ainsi les deux raies les plus intenses du spectre de diffusion du benzène, $n_1 = 99$ (ondes par millimètre) et $n_2 = 306$, donnent $\rho_1 \leqq 0{,}035$ et ρ_2 voisin de $0{,}6$, alors que, dans la diffusion ordinaire, on trouve $\rho = 0{,}42$. Avec l'éther, la dépolarisation de la forte raie $n_1 = 146$ paraît *complète* et le groupe des trois raies $n_2 = 287$, 293, 298 donne $\rho_2 = 0{,}45$, alors que la dépolarisation des raies diffusées sans changement de longueur d'onde n'est que $0{,}09$.

Pour ces mesures, on concentrait dans le liquide la lumière d'un arc au mercure. La lumière diffusée éclairait une première fente verticale qu'on projetait avec une lentille achromatique quartz-fluorine sur la fente horizontale d'un spectrographe, après avoir séparé par un wollaston les deux images relatives à la vibration I (normale aux faisceaux incident et diffusé) et à la vibration i (parallèle au faisceau incident). On avait ainsi un double spectre. Chaque cliché comprenait une série de doubles spectres obtenus avec des temps de pose entre 30 minutes et 73 heures. Pour l'étalonnage, on a supposé connue la dépolarisation des raies diffusées sans changement de longueur d'onde et on a admis que le γ de la plaque photographique reste constant dans un

([1]) J. Cabannes, *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 1833.

intervalle spectral de quelques centaines d'angströms. Les spectres étudiés s'étendaient de 3131 à 5460 Å.

Pour expliquer les faits observés, il faut admettre que la lumière incidente n'a pas la même action sur toutes les molécules; la plupart diffusent la lumière sans changement de longueur d'onde; un certain nombre (molécules 1) diminuent la fréquence de n_1; d'autres (molécules 2), de n_2. Chacun de ces groupes de molécules est défini, non seulement par la diminution de fréquence correspondante, mais encore *par la dépolarisation de la lumière qu'il diffuse*. Aussi peut-on supposer que chaque groupe 1, 2, ... contient des molécules qui ont même orientation par rapport au rayon incident et que l'action de la lumière sur une molécule dépend de son orientation. Il serait intéressant d'étudier à ce point de vue les cristaux où les molécules sont orientées suivant un petit nombre de directions bien connues, en faisant varier l'incidence du faisceau primaire sur le cristal.

GÉOLOGIE. — *Sur la découverte d'un bassin houiller au Maroc oriental.* Note ([1]) de MM. **J. Harroy** et **A. Brichant**.

M. Savornin a décrit récemment un bassin houiller au Maroc oriental, dans la région de Djerada ([2]), à la suite d'une visite faite sur nos travaux de recherches. Nous avons l'honneur de présenter quelques remarques à ce sujet.

C'est en janvier 1927 que l'un de nous, M. J. Harroy, signala la présence dans les Djerada de schistes et de grès qu'il rapporta au houiller. En décembre de la même année, MM. Harroy et Lavrentieff trouvèrent au voisinage d'un filonnet de galène, des empreintes de végétaux qui confirmèrent les premières présomptions. Le même jour, en fouillant un affleurement de schistes noirs, situé à quelque distance à l'Est de l'Oued Sidi-Brahim, M. Brichant découvrit une empreinte de feuille de *Nevropteris* qui permettait d'attribuer ces formations au Westphalien. Ces découvertes ayant paru intéressantes, il fut décidé de faire l'étude géologique de la région. Dès les premiers jours d'études, soit en février dernier, il nous a été possible de reconnaître qu'il s'agissait là d'un véritable bassin houiller contenant une série de couches de charbon suffisamment important pour présager de

([1]) Séance du 8 octobre 1928.
([2]) *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 462.

l'avenir industriel de ce bassin. La présence du carboniférien dans la région fut reconnue, il y a longtemps, par Gentil (¹); la présence de la houille a été reconnue seulement à la suite de nos recherches.

Notre manière de voir sur l'âge des diverses formations primaires de Djerada ne concorde pas absolument avec celle de M. Savornin; d'après ce savant, le Dinantien est détritique à la base et devient plus argileux vers le sommet, c'est-à-dire prend le faciès « Culm »; en fait, le Dinantien est représenté sous son faciès normal, c'est-à-dire calcaire. On peut voir ces calcaires dinantiens au kilomètre 48 de la route d'Oudjda à Berguent, ainsi que dans la vallée de l'oued Agaïa, soit à 10^{km} vers l'Ouest. L'allure de ces calcaires permet de tracer la limite sud du bassin qui accuse ainsi une direction N. 70° E. Nous avons repéré le calcaire dinantien sur le bord nord du Synclinorium, notamment entre le Dj. Otmane et le Dj. Bou Keltoum.

Le Dinantien repose en concordance parfaite sur des schistes à Goniatites qui, selon nous, représentent le Dévonien. Le passage du Dinantien au Westphalien est très progressif également et indique par conséquent une continuité parfaite de la sédimentation. Ce Westphalien, avec ses alternances de formations marines (calcaires crinoïdiques), littorales, lagunaires et continentales, a nettement un faciès comparable à celui du Donetz.

Outre les quatre couches charbonneuses que signale M. Savornin, nous en avons reconnu d'autres, spécialement au-dessus des conglomérats que le savant professeur croit représenter la fin du cycle sédimentaire Westphalien.

Le bassin houiller présente un ennoyage vers l'Ouest et prend ainsi un développement considérable comme nous l'ont montré nos levés détaillés. Le synclinal de 800^{m} de largeur, signalé par M. Savornin, n'est qu'un accident secondaire du bassin tel que nous l'avons délimité à ce jour.

(¹) L. Gentil, *Recherches stratigraphiques sur le Maroc oriental* (*Comptes rendus*, 146, 1908, p. 427).

GÉOLOGIE. — *Esquisse géologique de l'Afrique équatoriale française, du Cameroun et des régions voisines*. Note de M. **Marcel-E. Denaeyer**.

J'ai établi tout récemment une esquisse géologique au $\frac{1}{3000000}$ de cette portion de l'Afrique (¹).

La seule carte d'ensemble était celle d'Erasme Loir (1913) à l'échelle du $\frac{1}{5000000}$. Cette carte reflète par ses lacunes l'état fragmentaire des connaissances à cette époque.

Depuis lors des travaux importants sont venus les combler en grande partie (²).

Je me propose d'esquisser dans cette Note la *méthode* que j'ai adoptée dans l'étude de ces régions ainsi que leur *structure géologique*.

Voici comment on peut esquisser aujourd'hui la *Structure géologique* de l'Afrique équatoriale française et du Cameroun : ces territoires appartiennent à trois grands bassins hydrographiques : le Bassin du Congo, le Bassin de l'Atlantique et le Bassin fermé du Tchad. Ils s'étendent sur trois zones climatiques : la région équatoriale, la zone soudanaise et la région désertique. Ces facteurs déterminent la nature des formations superficielles : latérite de la région équatoriale, dunes mortes et dépôts alluviaux de la Cuvette du Tchad, dunes vives de la région désertique.

D'épaisses formations sédimentaires généralement horizontales s'étendent, en le dissimulant sur de grands espaces, sur le socle granito-gneissique et schisto-cristallin fortement plissé (probablement anté-cambrien) du Continent de Gondwana.

(¹) M. E. Denaeyer, *Esquisse géologique de l'Afrique équatoriale française, du Cameroun et des régions voisines*. Tracé géographique par Emmanuel Barralier, 13 couleurs, légende, liste de références. Échelle $\frac{1}{3000000}$. Etablissement cartographique E. Patesson et fils, Uccle, 1928.

(²) Travaux de MM. A. Lacroix, P.-H. Fritel et M.-E. Denaeyer, d'après les documents des Missions Tilho, Grossard, Rottier et Couturier dans le Tibesti, l'Ennedi et l'Ouadaï; cartes manuscrites du Darfour de M. G.-V. Colchester; Mémoire et carte du colonel J. Henry sur le nord-est du Congo belge; travaux et carte de MM. F. Delhaye et M. Sluys sur le Congo occidental (région minière du Niari); carte du Congo belge de M. P. Fourmarier; travaux paléontologiques de M. M. Leriche sur les Systèmes du Loualaba et du Loubilache et de MM. L. Dollo, M. Leriche et E. Vincent sur le gisement tertiaire de Landana; publications du *Geological Survey of Nigeria* sous la direction de M. J.-D. Falconer; carte de l'Afrique occidentale de M. H. Hubert; bibliographies de l'A. E. F. de M. G. Bruel et du Bassin du Congo de M. J. Cornet.

Les formations schisto-cristallines peuvent se diviser, d'après leurs caractères lithologiques en : Système cristallin et Système métamorphique. Les schistes et phtanites du Gabon apparaissent dans le bassin de l'Ogooué en couches largement ondulées. Ils sont très imparfaitement connus.

Sur les formations précédentes reposent, par l'intermédiaire d'un conglomérat glaciaire, dans le Bas et le Moyen Congo (et peut-être dans le Gabon), les Systèmes plissés schisto-calcaire et schisto-gréseux, puis, en couches puissantes, les grès lagunaires ou lacustres horizontaux du Lubilash (d'âge triasique supérieur et rhétien). Cet ensemble correspond, d'après MM. F. Delhaye et M. Sluys, aux formations du Karroo de l'Afrique australe [1]. Il s'étale sur le fond de la cuvette congolaise et déborde sur les hauteurs qui en forment la ceinture.

Dans la partie septentrionale de l'A. E. F. (Ennedi, Tibesti), se développent d'épaisses formations gréseuses horizontales, « série compréhensive » dont l'âge reconnu par des fossiles est compris entre le Gothlandien supérieur et le Crétacé inférieur. Elles se rattachent au grès de Nubie à l'Est et aux grès tassiliens à l'Ouest.

Une étroite bande de sédiments marins, crétacés supérieurs et tertiaires, (Paléocène + Éocène), longe le littoral depuis l'Angola jusqu'en Nigéria où elle s'étale et pénètre en golfe profond dans la vallée de la Bénoué. Ces dépôts, formés à la faveur de l'apparition de la fosse atlantique, ont fourni en certains points une riche faune de mollusques et de vertébrés. Vers l'intérieur du continent, on rencontre des grès d'âge indéterminé dits « Grès sublittoraux ». Ils paraissent avoir une origine continentale et être plus anciens que les formations précédentes. Le Crétacé inférieur continental est représenté par les grès et argiles du Tagama, en Afrique occidentale française. A ceux-ci se superpose le Turonien marin des collines du Damerghou. Le Crétacé semble s'étendre par le Kaouar jusqu'au pied du Tibesti.

L'activité volcanique s'est manifestée avec quelque ampleur au Tibesti, dans le Darfour, en Nigéria et au Cameroun. Dans cette dernière région, les appareils volcaniques se répartissent suivant une ligne de dislocation dirigée NNE sur le prolongement des îles Sao Thomé, Prinzipe et Fernando

(1) M. Fourmarier, qui voit une discordance de stratification entre les Systèmes schisto-calcaire et schisto-gréseux, rapporte le premier, non sans vraisemblance, à une époque beaucoup plus reculée (Silurien) que celle admise généralement pour les couches du Kundeloungou qui représentent, pour la plupart des géologues, le Karroo inférieur de l'Afrique australe. M. A. Salée fait un pas de plus en rejetant le Kundeloungou dans l'Algonkien.

Poo. Les laves présentent en général un faciès basaltique ou trachytique. Les rhyolites sont plus rares.

Tous les granites n'appartiennent pas à l'époque des plissements archéens. Il en est certainement de beaucoup plus récents sans que l'on puisse préciser leur âge, par exemple en Nigéria, à Zinder et dans le Mounyo.

Ces roches granitiques jeunes, ainsi qu'un grand nombre de roches volcaniques, possèdent un caractère alcalin très net (province lithologique du Tchad) qui les apparente étroitement aux roches éruptives de l'Angola et de l'Afrique occidentale et orientale.

GÉOLOGIE. — *Sur la présence du Cristallin du Massif des Aiguilles Rouges dans le Cirque du Fer à Cheval (Hautes Alpes calcaires de Sixt, Haute-Savoie).* Note de MM. **L. W. Collet**, **R. Perret**, **M. Billings** et Mlle **R. A. Doggett**, présentée par M. Pierre Termier.

Les Alpes de Sixt appartiennent à la Nappe de Morcles, la plus inférieure des nappes des Hautes Alpes calcaires.

Deux cirques importants, celui des Fonts [1] et celui du Fer à Cheval, représentent deux profondes entailles à travers la Nappe de Morcles, dues à l'érosion. L. W. Collet et R. Perret [2] ont, en effet, montré que l'Autochtone apparaissait en fenêtre dans le premier de ces cirques, où il est représenté par des calcaires dolomitiques du Trias et par du Malm très écrasé. Ces terrains forment, sur le versant Nord du cirque des Fonts, le substratum de la Nappe de Morcles.

Dernièrement L. W. Collet et A. Lombard [3] ont montré qu'une fenêtre d'Autochtone existait aussi dans le Cirque du Fer à Cheval. Ce cirque étant plus profond que celui des Fonts, les quartzites du Trias affleurent au sud de la Croix des Pellys, dans le promontoire qui sépare les deux ravins descendant de Tête Noire.

---

(1) Robert Perret, *Carte de la Vallée de Sales et du Cirque des Fonts*, $\frac{1}{20000}$, Paris, Henri Barrère, 1922; *Notice sur la carte au* $\frac{1}{20000}$ *de la Vallée de Sales et du Cirque des Fonts*. In-4°, Paris, Henri Barrère, 1922.

(2) Léon W. Collet et R. Perret, *Compléments sur la géologie du Col d'Anterne et du cirque des Fonts* (*Comptes rendus*, 184, 1927, p. 217).

(3) Léon W. Collet et Augustin Lombard, *Sur la présence du plan de chevauchement de la Nappe de Morcles dans le Fer à Cheval* (*Alpes de Sixt, Haute-Savoie*) (*C. R. séances Soc. phys. et hist. nat. de Genève*, 45, 1928, p. 117-118).

En suivant les quartzites du Trias, nous avons découvert qu'en un point, à l'altitude d'environ 1020^m, ils reposent sur des micaschistes très laminés qui représentent le Cristallin du socle hercynien, soit du Massif des Aiguilles Rouges de Chamonix.

Ainsi dans le Cirque du Fer à Cheval, sous la Nappe de Morcles, nous voyons reparaître le soubassement hercynien et une partie de sa couverture sédimentaire. Le contact entre les quartzites du Trias et les micaschistes est mécanique, car ces derniers ne sont pas verticaux mais horizontaux. Il y a donc eu un phénomène de décollement et de traînage entre le Cristallin et les quartzites du Trias.

Ces résultats nouveaux seront communiqués à M. Léon Moret pour la nouvelle édition de la Feuille *Annecy* de la Carte Géologique de la France.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Condensation du chloroindane avec les phénols.* Note [1] de M. **Ch. Courtot**, présentée par M. Charles Moureu.

L'I. G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft a obtenu le brevet français n° 636606 publié le 13 avril 1928, pour un procédé de fabrication de composés d'indène et de phénols.

Or, l'observation qui a donné lieu à cette demande de brevet, a été faite dans mon laboratoire en 1923 et ne paraît pas avoir été aperçue par les chimistes allemands. Cependant je publiais aux *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 536, avec mon assistant d'alors, M. Dondelinger : « Nous avons également observé que le bromure d'indényle et le chlorure d'indanyle réagissent à froid sur les phénols avec dégagement d'hydracide, pour donner vraisemblablement les éthers-oxydes correspondants, *mais dans ce domaine, que nous nous proposons également d'explorer*, nous n'avons pas encore isolé d'entité chimique ». Peu de temps après cette prise de date, je constatai que l'action du chloroindane sur les phénols était multilatérale, conduisait non seulement à l'éther-oxyde prévu, mais encore à un indanylphénol et enfin à des éthers-oxydes élevés provenant de l'indanylation, dans l'hydroxyle, de l'indanylphénol. Je confiai, en 1924, le développement de cette étude à un de mes élèves, M. Georges Heil, qui dût quitter mon laboratoire avant d'avoir achevé ces recherches et je ne jugeai pas les résultats jusqu'alors acquis suffisants pour en faire la publication. Qu'il me

(1) Séance du 8 octobre 1928.

soit permis, afin de ne pas perdre tout le bénéfice de cette observation, de communiquer les résultats encore fragmentaires auxquels M. Heil et moi sommes arrivés.

Condensation de l'α-chloroindane avec les phénols libres. — La condensation de l'α-chloroindane avec les phénols peut se faire, soit en milieu benzénique, soit en milieu éthéré, ou bien encore sans l'intermédiaire de solvant, à 15°, à température ordinaire, sous pression normale ou sous vide.

Après avoir repris le produit de la réaction par l'éther, on extrait les dérivés phénoliques par de la soude à 10 pour 100 et l'on précipite les phénols à l'HCl dilué. Dans le cas du phénol ordinaire, on obtient ainsi une huile qui ne tarde pas à se concréter et qui, recristallisée, fond à 92-93° (et non 88° comme l'indique le brevet de la firme allemande). L'indanylphénol bout à 200° sous 14mm, 190-193° sous 8mm.

Analyse. — Substance, 0g,2099; CO^2 0g,6624; H^2O 0g,1349. Trouvé pour 100 : C 86,07; H 7,02. Calculé pour $C^{15}H^{14}O$: C 85,71; H 6,66 pour 100.

Nous avons caractérisé l'indanylphénol par son benzoate et par son métanitrobenzoate. On chauffe au bain-marie le chlorure d'acide avec le phénol et l'on fait recristalliser de l'alcool. Le benzoate fond à 108°. Il se présente en longues aiguilles blanches, légères, qui se feutrent à la filtration.

Analyse. — Substance, 0g,4081; CO^2 1g,2546; H^2O 0g,2204. Trouvé pour 100 : C 83,84; H 6,04. Calculé pour $C^{22}H^{18}O^2$: C 84,07; H 5,71 pour 100.

Le métanitrobenzoate fond à 96-97°. Il se dépose en cristaux ténus ayant une très légère pointe de jaune.

Analyse. — Substance, 0g,2848; CO^2 0g,7683; H^2O 0g,1267. Trouvé pour 100 : C 73,57; H 4,97. Calculé pour $C^{22}H^{17}O^4N$: C 73,53; H 4,73 pour 100.

L'indanylphénol copule avec les composés diazoïques. Avec le diazo de paranitraniline il donne un brun; avec le diazo de l'acide sulfanilique un jaune orange avec pointe de brun.

Pour établir la constitution de l'indanylphénol, nous avons procédé comme suit : nous l'avons méthylé par le sulfate diméthylique. L'éther-oxyde méthylique bout à 187-188° sous 9mm, 201-202° sous 19mm et il fond à 40°. Il se présente en petits prismes tabulaires. Or par condensation du dérivé magnésien du parabromoanisol avec le chloroindane, on obtient un éther-oxyde possédant les mêmes constantes physiques. *Il semble donc bien que le groupement hydroxyle, dans l'indanylphénol, se trouve en para du groupe indanyle.* L'éther-oxyde provenant de la réaction magnésienne a été saponifié par l'acide bromhydrique en solution acétique et nous avons régénéré l'indanylphénol ayant les mêmes constantes physiques que celles données plus haut. L'identification a été terminée par la préparation du benzoate et du métanitrobenzoate. Pour tous les couples de corps, la preuve du mélange plaide en faveur de l'identité.

La condensation du chloroindane procède d'une façon analogue avec l'ortho- et le métacrésol. Par contre, avec le salicylate de méthyle la réaction est extrêmement pénible.

Condensation de l'α-chloroindane avec les phénates. — Il est curieux de constater que le chloroindane réagissant, soit sur le phénate de sodium anhydre, soit sur le phénate bromomagnésien $C^6H^5 - OMgBr$, conduit toujours, en proportion dominante, à l'indanylphénol. Ce phénomène est à rapprocher des observations de Claisen, faites sur les phénates alcalins et les halogénures d'allyle et de benzyle. Mais alors que la transposition s'effectue en ortho dans les cas étudiés par Claisen, dans nos expériences la substitution semble bien s'effectuer en para. Du reste, avec le chlorure de benzyle et le phénol, en proportions équimoléculaires et sans solvant, nous avons isolé 36 pour 100 de parabenzylphénol fusible à 83-84°. Il y a donc, dans ces réactions, des facteurs qui ont échappé aux expérimentateurs, facteurs susceptibles de faire varier la position de transposition et pour lesquels une étude plus approfondie et plus subtile serait nécessaire.

A côté de l'indanylphénol que nous venons d'étudier, il se forme, tant dans la condensation du chloroindane avec le phénol libre qu'avec les phénates, de l'éther-oxyde d'indanyle et de phényle, liquide visqueux, bouillant à 185-190° sous 9^{mm} et qui fournit les mêmes chiffres à l'analyse que l'indanylphénol. On isole enfin de l'indanylphénolindanylé provenant sans doute de la condensation de l'indanylphénol avec une nouvelle molécule de chloroindane; c'est une masse vitreuse, jaune ambré à froid, liquide visqueux à chaud, bouillant à 293° sous 8^{mm} et que l'I. G. se propose d'utiliser comme laque.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'influence catalytique des ions* H *dans la déshydratation interne d'un γ-glycol* cis-*éthylénique au sein de l'eau.* Note de MM. **Bourguel** et **Rambaud**, présentée par M. Charles Moureu.

Au cours de recherches sur la configuration spatiale d'un couple d'isomères *cis-trans*-éthyléniques, nous avons eu l'occasion d'étudier quantitativement la déshydratation d'un couple de deux γ-glycols bitertiaires, les tétraméthylbutène diols

$$(CH^3)^2 - COH - CH = CH - COH - (CH^3)^2$$

et plus particulièrement de l'isomère fondant à 69-70° que nous avons carac-

térisé comme étant l'isomère *cis* (1). M. Salkind avait montré que ce composé perdait facilement une molécule d'eau pour donner un γ-oxyde interne par chauffage avec de l'acide sulfurique à 25 pour 100 à 100°, par chauffage à sec avec de l'iode à 120° ou du bisulfate de potasse à 140° (2).

Nous avons constaté que cette déshydratation était très nettement catalysée par les ions H. Il n'est point nécessaire d'employer l'action déshydratante particulière à l'acide sulfurique : tous les acides, même très dilués, provoquent, en milieu aqueux, le départ d'une molécule d'eau, et cela dès la température ordinaire; l'acide chlorhydrique, par exemple, a une action sensible à 15° en solution centinormale et même millinormale; à un degré moindre, les acides tartrique, acétique, agissent aussi. Une solution tampon de phosphate monosodique de $pH = 6,3$ a une action mesurable à 89°. Par contre, le glycol reste intact en milieu basique, même à 100°.

Cette action des ions H n'est évidemment pas particulière à ce glycol. Bien que l'on ait, d'habitude, recours à l'acide sulfurique dilué, les alcools tertiaires qui se déshydratent en milieu acide sont certainement nombreux; industriellement on déshydrate la terpine par des solutions très étendues d'acide phosphorique; mais ce qui fait l'intérêt de l'exemple étudié ici, c'est la sensibilité de l'action des acides, d'une part, et d'autre part, le fait que la réaction est susceptible de mesures.

Nous voulions montrer, en effet, qu'il s'agissait bien d'un cas de catalyse par les ions H; il nous fallait pour cela faire l'étude quantitative de la déshydratation.

Notre mode opératoire est en principe le suivant. Le glycol étant assez soluble dans l'eau (27^g par litre à 15°, soit $0^{mol},19$), nous étudions la déshydratation en solution non saturée; à un moment donné, la réaction est arrêtée par alcalinisation du mélange de glycol et de γ-oxyde; nous éliminons l'oxyde volatil et insoluble (éb. = 102°) par une courte ébullition dans le vide, puis nous mesurons la quantité de glycol en dosant, au moyen du brome naissant, le nombre de doubles liaisons restant en solution. Nous employons à cet effet une solution titrée de bromate en excès, du bromure de potassium, puis nous acidulons. Le brome en excès est dosé par KI et l'hyposulfite. Ce procédé s'est révélé précis dans le cas présent; il permet le dosage de $0^g,15$ de glycol au $\frac{1}{100}$ très facilement.

Pour une concentration donnée en acide, la réaction suit la marche logarithmique des réactions monomoléculaires $K = -\frac{1}{t}\log\left(1-\frac{x}{a}\right)$

(1) BOURGUEL et RAMBAUD, *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 383.

(2) SALKIND, *Berichte d. d. Gesellschaft*, 56, 1923, p. 187.

Temps...	60.	120.	180.	240.	300.	390.	480.
A 38° $K \times 10^2$.	0,187	0,190	0,185	0,186	0,188	0,191	0,184

On peut donc définir l'action catalytique d'un milieu acide par le coefficient K. On constate alors, en faisant varier le degré d'acidité du milieu que l'effet catalytique n'est pas exactement proportionnel à la concentration en ions : il croît plus vite que cette concentration. On sait depuis longtemps qu'il en est ainsi pour les hydratations catalysées par les ions H.

Pour HCl $\frac{N}{10}$ et $\frac{N}{100}$, par exemple, les coefficients K sont respectivement à 50° : 0,0108 et 0,00102, c'est-à-dire que la vitesse de catalyse croît plus vite, non seulement que la concentration en ions H ou que l'activité des solutions chlorhydriques, mais encore plus vite que la concentration en acide. Pour l'acide sulfurique $\frac{N}{10}$ et l'acide tartrique $\frac{N}{10}$ on trouve respectivement 0,0056 et 0,00069, alors que la théorie classique permettrait de prévoir à 50° : 0,0059 et 0,00076, à partir de HCl $\frac{N}{10}$.

Le rapport du coefficient K à la concentration des ions H croît de façon régulière quand cette concentration augmente.

Concentration ions H..........	0,0065.	0,0097.	0,049.	0,091.
Rapport $\frac{K}{H} \times 10$............	1,06	1,05	1,13	1,18

Nous pensons bien, d'autre part, avoir mis en évidence une faible influence de la concentration en glycol. En faisant agir la même solution acide HCl $\frac{N}{3,5}$ pendant le même temps sur des poids croissants de glycol à 30°, nous avons constaté que K décroissait quand la concentration augmentait.

Poids de glycol dans 35^{cm^3}......	0,1175.	0,2654.	0,499.	0,7374.
$K \times 10^3$..................	1,78	1,75	1,67	1,62

Cette influence est en sens contraire de l'influence bien connue des fortes concentrations en saccharose, mais il s'agit ici de solutions beaucoup moins concentrées. Nous croyons que cet effet est dû au caractère basique soit des fonctions OH primitives, soit de la fonction oxyde, basicité qui diminue l'acidité réelle du milieu.

Enfin il est intéressant de constater que la sensibilité du glycol aux ions H est considérablement plus grande au moment même où on le prépare. Nous obtenons ce *cis*-tétraméthylbutènediol par la semi-réduction

catalytique, en présence de Pt colloïdal, du glycol acétylénique. Si l'on réduit en milieu acide centinormal, on observe à 20° une intense déshydratation (10 à 20 pour 100 du poids total). Le départ d'eau ne peut avoir lieu que pendant le temps très court où l'hydrogène se fixe, car, avant, l'acétylénique ne se déshydrate pas, et, après, l'éthylénique libre se déshydrate beaucoup plus lentement.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Étude critique de la méthode de Sachs appliquée à la mesure des migrations de substances.* Note de M. **R. Combes**, présentée par M. M. Molliard.

J. von Sachs a fait connaître, en 1883, une méthode qu'il considérait comme susceptible de mesurer l'accumulation et les migrations des produits de la photosynthèse dans les feuilles. Elle consistait à comparer, au point de vue de leur teneur en substance sèche, des moitiés de feuilles prélevées au lever du soleil aux autres moitiés laissées sur les plantes et récoltées seulement au coucher du soleil.

Cette méthode a fait l'objet d'études critiques présentées à la Société royale de Londres par Brown et Escombe en 1905, et par Thoday en 1909. Il y était démontré que la technique de Sachs comporte deux causes d'erreur, l'une résultant de l'asymétrie des feuilles, l'autre provenant de la variation de surface — diminution pendant le jour, augmentation pendant la nuit — qu'éprouvent les feuilles sous l'influence des changements d'éclairement et d'état hygrométrique.

Au cours de mes recherches sur les migrations des substances azotées chez les arbres, j'ai eu l'occasion de constater que la méthode de Sachs, utilisée encore maintenant dans de nombreux travaux de Physiologie végétale pour suivre l'accumulation et les migrations des divers constituants foliaires, comporte une troisième cause d'erreur beaucoup plus importante que les précédentes.

Les recherches, effectuées en 1926 dans la forêt de Hez, ont porté sur des feuilles de Hêtre, considérées à trois stades de leur existence : en septembre lorsqu'elles sont encore vertes, à la fin d'octobre quand elles commencent à jaunir, et en novembre lorsqu'elles sont jaunes et sur le point de tomber.

Pour éliminer les causes d'erreur signalées par Brown, Escombe et Thoday, j'opérais sur des fragments de feuilles d'égale surface, découpés avec un même emporte-pièce dans les moitiés de feuilles à comparer, je

traitais chaque fois 100 feuilles, enfin toutes les expériences portaient sur un jour entier — du lever au coucher du soleil — et sur une nuit entière, l'ensemble constituant une journée complète de 24 heures.

Les résultats obtenus sont réunis dans le tableau ci-dessous. Les quantités d'azote y sont exprimées en milligrammes, et représentent, dans tous les cas, l'azote contenu dans un tissu foliaire de même surface, celle de 100 rondelles ayant chacune 20mm de diamètre (314cm²).

Dates.	Variations de l'azote pendant le jour. Az le mat.	Az le soir.	Variation.	pendant la nuit. Az le soir.	Az le mat.	Variation.	En 24 heures.
			Feuilles vertes.				
14 au 15 sept....	33,04	32,83	−0,21	35,84	34,58	−1,26	−1,47
15 » 16 » ...	40,46	39,94	−0,52	38,15	36,37	−1,78	−2,30
18 » 19 » ...	32,20	31,36	−0,84	30,52	30,24	−0,28	−1,12
19 » 20 » ...	35,70	34,86	−0,84	35,70	35,00	−0,70	−1,54
			Feuilles en voie de jaunissement.				
20 au 21 oct.....	27,86	27,37	−0,49	27,02	27,02	0	−0,49
21 » 22 «	19,53	19,25	−0,28	19,11	19,04	−0,07	−0,35
31 oct. au 1 nov..	24,99	23,73	−1,26	24,16	23,69	−0,47	−1,73
1 au 2 nov......	23,10	22,41	−0,69	23,10	22,76	−0,34	−1,03
			Feuilles jaunes.				
2 au 3 nov....	14,77	14,56	−0,21	15,93	15,68	−0,25	−0,46
6 » 7 » ...	17,36	16,56	−0,80	16,16	15,49	−0,67	−1,47
11 » 12 » ...	11,13	10,36	−0,77	11,20	11,66	+0,46	−0,31
12 » 13 » ...	10,15	10,37	+0,22	9,31	9,14	−0,17	+0,05

D'après ces résultats, les feuilles de Hêtre, à la fin de la période active de végétation, perdraient de l'azote aussi bien le jour que la nuit ([1]). Si nous nous limitons à l'examen des résultats des expériences faites entre le 14 septembre et le 2 novembre, sur des feuilles vertes ou en voie de jaunissement, nous constatons qu'une quantité de tissu foliaire qui contenait en moyenne 33mg,07 d'azote au milieu de septembre, perdrait chaque jour 0mg,64 d'azote pendant le jour, et 0mg,61 pendant la nuit, c'est-à-dire 1mg,25 par 24 heures.

Il est possible, à l'aide de ces déterminations, de se rendre compte du

([1]) Les deux seuls résultats qui constituent des exceptions à cette règle, nuit du 11 au 12 novembre et journée du 12, sont relatifs à des feuilles très près de leur chute, et présentant déjà des parties brunes qui correspondent à des tissus morts.

degré de précision que présente la méthode de Sachs. D'après les résultats précédents, une quantité de tissu foliaire contenant le 14 septembre 33^{mg},07 d'azote, aurait perdu 27 jours après, le 11 octobre, la totalité de cet azote ($1,25 \times 27 = 33,75$). Or les dosages effectués indiquent encore le 1er novembre, après 48 jours, dans un tissu de même surface, la présence de 22^{mg},84 d'azote en moyenne; et 12 jours après, le 12 novembre, il en renferme encore 9^{mg},74. Les feuilles perdent donc bien de l'azote pendant le jaunissement automnal, mais la perte réelle éprouvée pendant une période de 48 jours (du 14 septembre au 2 novembre) n'a été que de 11^{mg},23, tandis que l'application de la technique de Sachs la ferait évaluer, pendant ce même temps, à 60^{mg} si le tissu foliaire avait une teneur en azote suffisante.

L'emploi de la méthode de Sachs fournit par conséquent des résultats plus de cinq fois trop élevés.

Aux causes d'erreur signalées par Brown, Escombe et Thoday, s'en ajoute donc une autre, qui rend cette méthode inutilisable dans l'étude des migrations de substances. La question se pose de savoir quelle est la nature de cette nouvelle cause d'erreur.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur l'antagonisme positif, nul et négatif des mélanges binaires d'électrolytes à l'égard des végétaux.* Note de MM. **L. Maume** et **J. Dulac**, présentée par M. Molliard.

En poursuivant l'examen de la toxicité des mélanges binaires d'électrolytes à l'égard du blé au début de sa végétation [1], nous avons réalisé les mélanges suivants :

1° *Antagonisme positif :*

a. Mélange $CaCl^2$ 0,164 mol-gr + $MgCl^2$ 0,06 mol-gr;
b. Mélange $(NO^3)^2Ca$ 0,062 mol-gr + NO^3Na 0,033 mol-gr.

L'expérience a été faite dans des conditions identiques à celles décrites dans les Notes précédentes; elle a abouti aux mêmes résultats, c'est-à-dire que l'allongement radiculaire dans ces derniers mélanges présente un maximum pour l'abscisse du point de croisement des courbes de dissociation.

2° *Antagonisme nul.* — Ce cas est présenté par des solutions dont le mélange ne produit sensiblement ni une augmention, ni une diminution de

[1] *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1081 et 1194.

l'allongement radiculaire. Nous avons étudié les mélanges suivants :

a. Mélange NaCl 0,12 mol-gr + KCl 0,15 mol-gr ;
b. Mélange NaCl 0,12 mol-gr + NH^4Cl 0,11 mol-gr ;
c. Mélange KCl 0,15 mol-gr + NC^4Cl 0,11 mol-gr.

Les allongements simultanément atteints dans les différents mélanges se placent sur une droite parallèle à l'axe des abscisses.

3° *Antagonisme négatif.* — Ce cas est présenté par des solutions dont le mélange est plus toxique que les solutions pures; les exemples en sont assez rares. Néanmoins le mélange SO^4K^2 0,01 mol-gr + NaCl 0,12 mol-gr provoque une certaine diminution de l'allongement radiculaire; la courbe est très aplatie, de sorte qu'il est difficile de situer l'abscisse du maximum de toxicité.

Ces quelques exemples illustrent les trois catégories d'antagonisme que l'on peut rencontrer par le mélange de deux solutions qui, séparées, sont également toxiques.

Examinés au point de vue physico-chimique, les mélanges d'électrolytes obéissent à certaines lois susceptibles de fournir une hypothèse dans l'explication du problème de l'antagonisme.

On sait en effet que les mélanges binaires d'électrolytes peuvent présenter les trois cas suivants :

A. *Électrolytes ayant un ion commun* (solutions homo-ioniques) :

1° Si l'on mélange deux électrolytes ayant une même constante de dissociation et dont l'ion commun est à la même concentration $\left(\text{solutions dites iso-ioniques } \frac{\alpha}{\varphi} = \frac{\alpha_1}{\varphi_1}\right)$, la dissociation ne change pas.

2° Si l'on mélange deux électrolytes, dont l'ion commun est à une concentration différente et dont la constante de dissociation est aussi différente, la dissociation de l'un des deux électrolytes ou des deux électrolytes recule d'une certaine quantité.

(Cette quantité peut être calculée, connaissant les concentrations des sels et leur constante de dissociation en appliquant la loi d'action de masse; mais le résultat n'est qu'approximatif pour les électrolytes forts.)

B. *Électrolytes n'ayant pas d'ion commun* (solutions hétéro-ioniques) :

3° La dissociation augmente par suite de la formation de plusieurs sortes de molécules (neutres et dissociées)

$$AB + CD = AB + CD + AD + CB + \overset{-}{A} + \overset{+}{B} + \overset{-}{C} + \overset{+}{D}.$$

4° La dissociation diminue, lorsque dans le cas précédent AD ou CB sont des électrolytes peu dissociés.

En nous reportant aux trois types de courbes d'antagonisme, nous pou-

vons faire sur les mélanges d'électrolytes employés à l'égard des végétaux, les observations suivantes :

1° *Antagonisme nul* (ex. $NaCl + KCl$). — Les mélanges, que nous avons trouvés dans cette catégorie d'antagonisme, sont des chlorures de bases univalentes, dont la dissociation est très voisine, sinon égale, aux mêmes concentrations; chaque sel est donc dissocié, après mélange, dans la même proportion qu'il le serait, s'il formait seul une solution dont la teneur correspondrait à la concentration totale.

L'ion commun; le chlore, est sensiblement à la même concentration dans les solutions initiales : 0,1 pour NaCl, 0,12 pour KCl, 0,09 pour NH^4Cl.

Nous pensons qu'il y a lieu de voir là une relation entre le phénomène physico-chimique et le phénomène physiologique : *le mélange conserve pour différentes proportions la même toxicité et le même équilibre ionique.*

2° *Antagonisme positif* (ex. $NaCl + CaCl^2$). — Dans cette catégorie, les mélanges sont faits à partir d'électrolytes, dont la concentration de l'ion commun est différente

0,1 pour NaCl,	0,22 pour $CaCl^2$,	0,088 pour $MgCl^2$
0,086 pour $(NO^3)^2Ca$,	0,029 pour NO^3Na	

et dont la constante de dissociation aussi est différente.

Il s'ensuit donc un recul de la dissociation amenant une diminution de la pression des ions au contact de la racine; et c'est là, croyons-nous, une des causes importantes de la diminution de la toxicité.

3° *Antagonisme négatif* (ex. $SO^4K^2 + NaCl$). — Ce cas est l'inverse du précédent : *la plus grande dissociation des électrolytes, après mélange, a pour résultat une augmentation de la pression des ions dans la solution et, par suite, une augmentation de la toxicité.*

L'équilibre chimique des solutions d'électrolytes forts, malgré de récents progrès contient cependant encore trop d'incertitudes en ce qui concerne la détermination de la constante de dissociation, pour que, en se basant sur la loi d'action de masse, le calcul permette de définir cet équilibre avec précision. Les anomalies des ions complexes viennent encore compliquer le problème; et c'est à eux sans doute, ainsi qu'à l'indétermination de la constante, qu'il convient de s'adresser pour expliquer quelques cas que nous avons rencontrés et qui ne paraissent pas pouvoir se ranger actuellement dans l'hypothèse précédente.

AGRICULTURE COLONIALE. — *Utilisation de la chloropicrine contre des cochenilles nuisibles aux orangers ou aux dattiers.* Note [1] de MM. **André Piédallu** et **A. Balachowsky**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Nous avons eu l'idée d'utiliser les propriétés insecticides de la chloropicrine, découvertes par G. Bertrand et dont il a déjà été fait de multiples applications, à combattre des cochenilles qui dévastent les orangeries algériennes ou qui infectent les rejets de souches servant à la multiplication du dattier.

Nos expériences ont été réalisées au Jardin d'essai d'Alger et à la Station expérimentale agricole d'El Aryianne (Territoire de Touggourt). Nous opérons par fumigation sous bâches comme cela se pratique couramment avec l'acide cyanhydrique. On connaît les dangers que présente la manipulation de ce dernier produit et les nombreux accidents qu'a provoqués son utilisation. Avec la chloropicrine, on se protège facilement contre l'effet lacrymogène à l'aide d'un masque et l'on peut même le plus souvent éviter tous inconvénients en opérant à terre et le vent dans le dos. Nous ajouterons que nos manipulations se sont faites à l'air libre, sans masque, en présence de nombreux spectateurs, sans le moindre accident.

Afin que ces fumigations soient pratiques, il faut que l'évaporation du liquide insecticide se fasse assez vite (45 minutes à 1 heure), sinon il serait nécessaire de multiplier le nombre des bâches qui constituent un capital élevé, difficile à amortir. Il est également indispensable de permettre aux vapeurs de saturer uniformément le volume recouvert, car, à l'inverse de ce qui se passe pour l'acide cyanhydrique, les vapeurs de chloropicrine sont plus lourdes que l'air et ont tendance à descendre. Nous avons donc chauffé sous la bâche pour tourner ces deux difficultés. Le premier combustible employé fut le charbon de bois (braise), mais nous nous sommes aperçus que les vapeurs de chloropicrine réagissent sur le charbon incandescent en dégageant du chlore et d'autres produits chlorés, suivant la formule la plus simple,

$$(Cl^3 = CNO^2) + C = 2CO + N + 3Cl,$$

qui peuvent provoquer des brûlures sur les parties tendres des végétaux.

---

[1] Séance du 8 octobre 1928.

Le charbon (braise, coke, etc.), employé directement sous bâche comme combustible, est donc à rejeter.

Pour parer aux inconvénients précités, nous avons remplacé le charbon par l'alcool à brûler. Les petites lampes en verre du modèle de celles utilisées dans les laboratoires donnent une chaleur suffisante, mais leur emploi en campagne est assez délicat; le plus simple est d'utiliser à cet effet un réchaud ordinaire à essence minérale, pétrole ou alcool à brûler; on en réglera plus ou moins la flamme, suivant la quantité de liquide à évaporer. On pourrait aussi utiliser une résistance électrique. Les résultats que nous avons obtenus sont indiqués dans le tableau ci-dessous.

Sujets traités.	Parasites.	Dose par m³ et durée de la fumigation.	Mortalité %.	Observations.
Groupe d'orangers 25m³.	*Chrysomphalus aonidum* L., *Chrysomphalus dictyospermi* Morg. (en très petite quantité), *Parlatoria Pergandii* Conest.	10 gr. 45 min.	60	Brûlures insignifiantes.
Groupe d'orangers	*Chrysomphalus aonidum* L., *Parlatoria Pergandii* Conest.	10 gr. 60 min.	60	Brûlures insignifiantes.
Groupe d'orangers	*Chrysomphalus aonidum* L....	20 gr. 45 min.	100	Brûlures légères sur les parties tendres (fleurs, jeunes pousses).
Strelitzia Augusta, en pots.	*Aspidiotus lataniæ* Sig., *Diaspis Zamiæ* Morg., *Pseudococcus aonidum* L.	20 gr. 45 min.	100	Brûlures nulles.
Orangers	*Chrysomphalus aonidum* L., *Parlatoria Pergandii* Conest.	20 gr. 60 min.	100	Brûlures légères sur les parties tendres (fleurs, jeunes pousses).
Dattier.	*Parlatoria Blanchardi* Targ....	15 gr. 45 min.	100	Brûlures insignifiantes.
Dattier.	*Parlatoria Blanchardi* Targ....	20 gr. 45 min.	100	Brûlures insignifiantes.

Il ressort de ces expériences que la chloropicrine, employée en fumigation suivant le procédé que nous préconisons, tue les principales cochenilles nuisibles, aux doses de 15g et 20g par mètre cube. Les doses de 10g se sont révélées insuffisantes (1).

(1) Pour les détails sur l'action exercée par les vapeurs de chloropicrine sur les plantes supérieures, consulter Gab. Bertrand, *Comptes rendus*, **170**, 1920, p. 858 et 952.

Nous conseillons d'effectuer le traitement des aurantiacées après la récolte et avant la floraison (janvier à mars), car les vapeurs de chloropicrine attaquent malgré tout les jeunes pousses tendres et les fleurs qui apparaissent chez ces végétaux, au tout premier printemps. Par contre, le feuillage hivernal reste indemne après la fumigation.

En ce qui concerne les jeunes dattiers, l'opération doit se faire aussi de préférence en hiver, entre la période qui sépare la récolte de la floraison (septembre à avril).

CHIMIE DU SOL. — *Dissociation intégrale des silicates par l'acide carbonique et les acides humiques et réactions annexes.* Note de M. **R. Guillin**, présentée par M. A.-Th. Schlœsing.

L'acide carbonique, on le sait, agit sur les silicates complexes comme les feldspaths et provoque l'élimination des alcalis en donnant des silicates argileux. Ces derniers sont-ils eux-mêmes dissociables, et, s'ils le sont, quel est le processus de leur transformation et quelles réactions annexes peuvent se produire?

En traitant des terres humifères par un acide étendu (nitrique ou chlorhydrique), nous avons observé qu'on obtient une solution qui, avec l'ammoniaque, donne un précipité volumineux d'alumine, plus ou moins teinté par de l'oxyde de fer.

Dans l'étude des faits se rapportant à ces observations, nous avons classé les terres humifères en deux groupes : terres non calcaires et terres calcaires. En analysant les premières, nous n'avons trouvé presque que de l'alumine combinée aux acides humiques, dans une proportion atteignant jusqu'à 8 d'alumine sur 100 de terre, avec trace de chaux et de fer.

Exemple. — Traitant une terre non calcaire (Grande Comorre) à froid, par de l'eau acidulée à 1 pour 100 avec de l'acide nitrique, nous avons dissocié les humates, puis dosé les principes minéraux solubilisés; nous avons trouvé pour cent parties de terre : silice 1,50, alumine 5,00, oxyde de fer 0,19, chaux 0,38, magnésie 0,14.

[La même opération effectuée avec de l'eau acidulée chlorhydrique nous a donné les mêmes résultats. Avec de l'eau acidifiée par l'acide acétique, aucune dissociation d'humates n'a eu lieu et nous n'avons pas trouvé d'oxydes minéraux solubilisés.]

La terre considérée renfermait une forte proportion de chaux et nous n'en trouvons que des traces fixées aux acides humiques. C'est la consé-

quence d'une décomposition progressive, mais complète, du silicate, la chaux étant entraînée et l'alumine se trouvant seule retenue par les acides humiques.

Cette terre contenait pour 100 : matières organiques 20, matières minérales 70, dont silice 30, alumine 16, oxyde de fer 14, chaux 5, magnésie 5. Elle était donc riche en oxyde de fer; l'absence de cet oxyde fixé aux acides humiques (0,19 pour 100 seulement) peut surprendre. Ce résultat et d'autres constatations nous ont démontré que l'oxyde de fer libre ou libéré de sa combinaison silicatée se trouve réduit dans ce milieu humifère, transformé en protoxyde de fer et éliminé si l'eau peut s'écouler; d'où l'origine de sources ferrugineuses. Le protoxyde de fer peut s'accumuler et former ces gisements de tourbes ferreuses utilisées à l'épuration du gaz.

L'alumine ne peut être libérée que par la décomposition et la combustion des humates; il n'est pas impossible alors d'envisager la combinaison de l'alumine ainsi libérée à la silice qui l'avoisine, donnant lieu à la formation de poches de silicates d'alumine (kaolin). L'alumine libérée peut aussi produire des gisements d'alumine hydratée et même de bauxite.

Avec les terres humifères calcaires, nous trouverons d'autant plus de chaux fixée aux acides humiques et d'autant moins d'alumine que la terre sera plus riche en calcaire et plus pauvre en silicates. Nous avons rencontré une terre très humifère exceptionnellement calcaire (région marécageuse de Bayeux), qui nous montre au mieux les réactions se produisant dans ce milieu.

Cette terre contenait pour 100 : matières organiques 20, dont acides humiques 3,90; matières minérales 75, dont carbonate de chaux 57; silice 10; alumine 3; oxyde de fer 3,50. Les éléments minéraux solubilisés en traitant cette terre par l'eau acidulée ont été, pour 100 parties de terre : silice 0,18; alumine 0,76; oxyde de fer 0,98; chaux 2,16; magnésie 0,11.

Nous constatons une importante proportion de chaux combinée aux acides humiques, proportion qui tend à montrer que, même en présence d'un grand excès de calcaire, les silicates sont dissociés.

La quantité d'oxyde de fer recueillie est bien plus grande qu'avec les terres uniquement silicatées, ce qui tient à ce que cet oxyde se dépose sur les noyaux calcaires renfermés dans ces terres. On constate, en effet, que les graviers calcaires dans les sols humifères sont recouverts d'un enduit brun de sesquioxyde de fer; réaction que l'on peut reproduire au laboratoire et qui explique, au point de vue minéralogique, la formation de dépôts d'oxyde

ferrique par des infiltrations d'eau ferreuse provenant des couches humifères supérieures et venant au contact d'un banc calcaire.

Nous concluons que, quelle que soit la nature des terres humifères, qu'elles soient ou non calcaires, l'acide carbonique et les acides humiques peuvent provoquer la dissociation intégrale des roches avec élimination, d'abord de la potasse et de la soude, puis de la chaux et de la magnésie et enfin de l'alumine qui reste seule fixée aux acides humiques, l'oxyde de fer étant éliminé par réduction.

ÉLECTRICITÉ PHYSIOLOGIQUE. — *Sur l'inefficacité des courants continus prolongés dans l'excitation neuro-musculaire.* Note de M. **Philippe Fabre**, présentée par M. d'Arsonval.

La droite expérimentale de Weiss : $Q = a + bt$ permet de définir une intensité b de courant continu qui devrait exciter le nerf par un passage suffisamment prolongé.

Or on sait que la rhéobase expérimentale est supérieure à b.

De même, les courants progressifs sont inefficaces au moment où leur intensité atteint la valeur b, quelle que soit leur pente; si celle-ci est suffisamment faible (pente limite) il faut même dépasser le double de b pour réaliser l'excitation liminaire.

Ces faits bien connus ne nous paraissent pas ressortir à toute théorie valable pour les passages brefs.

Pour les temps longs, l'équilibre cinétique est atteint; par contre un phénomène nouveau entre en jeu. Dans notre théorie cinétique relative aux passages brefs ([1]), nous avons supposé que la charge électrique des membranes reste constante dans le temps, proportionnelle à l'intensité du courant continu utilisé. Or, l'expérience prouve que, s'il en est bien ainsi pour les passages brefs, les applications prolongées de courant diminuent la résistance des membranes vivantes, et par suite, font baisser leur charge (courbes de Strohl).

Il s'agit probablement, comme il a été proposé, d'une pénétration des ions dans l'épaisseur des membranes, à partir de l'une et l'autre des faces où ils se sont accumulés, imprégnation qui accroît la conductibilité du milieu et le rend moins polarisable.

([1]) *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 482.

La charge des membranes diminue donc à partir d'une certaine durée de passage, qui dépend de leur état physiologique et de l'intensité utilisée.

Parallèlement, la quantité de substance transformée, après s'être accrue jusqu'à équilibre de masse, commence à décroître.

Il y a donc, pour chaque intensité de courant, un maximum de substance transformée.

La rhéobase est l'intensité telle que ce maximum soit égal au taux liminaire; le moment où il est atteint est le « temps utile » de Lapicque. Tout prolongement de passage au delà de cette durée devient nuisible à l'excitation.

La droite de Weiss et la droite figurative de la rhéobase sont raccordées par un arc dont les extrémités sur ces droites sont, pour la seconde, le temps utile, pour la première, le temps où le fléchissement de la résistance des membranes commence à intervenir.

La théorie cinétique [1] nous avait conduit à une loi hyperbolique des quantités représentées, dans le domaine chronaxique des durées, par un segment quasi-rectiligne. La légère courbure de ce segment est rectifiée (droite de Weiss) par le phénomène que nous venons d'indiquer, puis cette courbure se trouve inversée pour les passages prolongés.

Au total, la courbe théorique pour toutes les durées, des plus brèves aux plus longues, présente la forme d'un S allongé dont l'inflexion médiane répond au segment rectiligne de Weiss.

L'expérience avait bien mis en évidence cette inflexion.

Nous indiquerons comment le phénomène du fléchissement des résistances membraneuses peut aussi rendre compte des lois de l'excitation par les courants progressifs.

PHARMACODYNAMIE. — *Action cardiovasculaire de la semicarbazone de la tropinone et des oximes de la tropinone et de la pseudopelletièrine*. Note de M. **René Hazard** et Mlle **Jeanne Lévy**, présentée par M. A. Desgrez.

1. Lorsqu'on bloque la fonction cétone de la tropinone par la *semicarbazide*, on obtient une semicarbazone (F. 254-258°) dont l'action cardiovasculaire est, à dose égale, toujours beaucoup plus intense que celle de la tropinone (*fig.* 1). Elle peut même agir, chez certains animaux (qui ne

[1] *Loc. cit.*

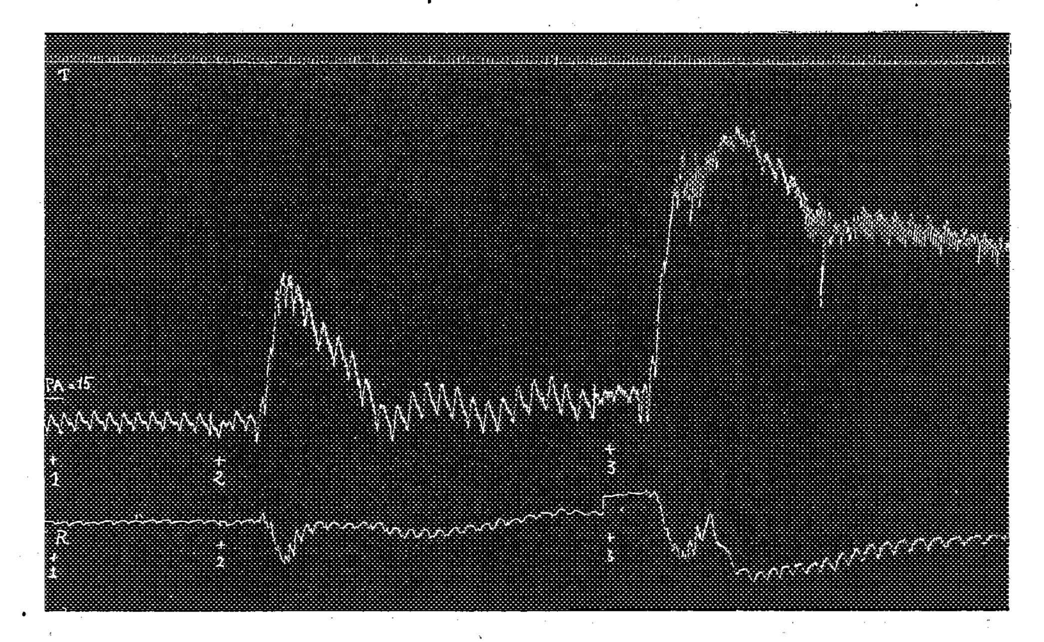


Fig. 1. — Chien ♂ 10kg,5 chloralosé ayant reçu 1/4 de milligramme de sulfate d'atropine par kilogramme. Injection intraveineuse de 5mg par kilogramme : en (+1) d'oxime de la tropinone; en (+2) de tropinone; en (+3) de semicarbazone de la tropinone. T = temps en secondes; PA = pression carotidienne (repère à 15cm de Hg); R = tracé oncographique du rein. (Tracé réduit de moitié.)

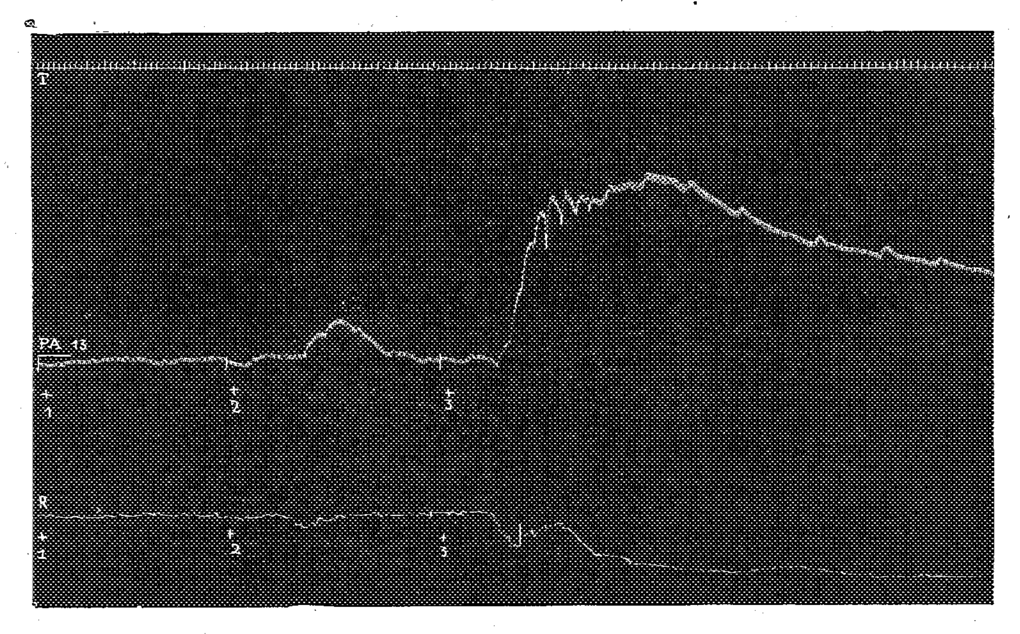


Fig. 2. — Chien ♂ 4kg,8 chloralosé, ayant reçu 1/4 de milligramme de sulfate d'atropine par kilogramme. Injection intraveineuse de 5mg par kilogramme : en (+1) d'oxime de la pseudopelletiérine; en (+2) de pseudopelletiérine; en (+3) de semicarbazone de la pseudopelletiérine; T = temps en secondes; PA = pression carotidienne (repère à 13cm de Hg); R = tracé oncographique du rein. (Tracé réduit de moitié.)

montrent pas tous une égale sensibilité à son action), à la dose de $0^{g},001$ par kilogramme.

Ses effets sont qualitativement les mêmes que ceux de la tropinone, c'est-à-dire d'allure adrénalinique [1]. Lorsqu'on l'injecte sous forme de chlorhydrate par la voie intraveineuse, chez le chien, on observe :

1° *Si les vagues sont intacts.* — *a.* Sur les tracés de pression carotidienne, de l'hypertension avec une forte augmentation, d'origine vagale, de l'amplitude des pulsations.

b. Sur les tracés de cœur *in situ*, du ralentissement, avec une forte diminution de l'amplitude des contractions.

2° *Si les vagues sont sectionnés ou paralysés par l'atropine.* — *a.* Une hypertension régulière.

b. De l'accélération et de l'augmentation d'amplitude des contractions cardiaques. On peut observer parfois des troubles passagers des contractions pendant la phase d'hypertension; au cours de celle-ci le rein subit une vasoconstriction. La répétition des injections amène, moins rapidement qu'on ne l'observe avec la tropinone, l'atténuation des effets hypertensifs.

Tout se passe en somme comme si les propriétés cardiovasculaires de la tropinone étaient, comme celles de la pseudopelletiérine [2], *considérablement renforcées par le blocage de la fonction cétone par la semicarbazide.*

II. *On observe des effets opposés lorsque le blocage est effectué par la combinaison de ces cétones avec l'hydroxylamine.* [Chlorhydrate de l'oxime de la tropinone, (F. 260-261°); oxime de la pseudopelletiérine (F. 120-121°).]

Dans ce cas, les oximes obtenues n'exercent, même lorsqu'on les injecte chez le chien par la voie intraveineuse, à la dose de plusieurs centigrammes par kilogramme, aucune action cardiovasculaire notable. Les tracés que nous publions font bien ressortir les différences profondes d'activité qui séparent chacune des deux cétones de la semicarbazone et de l'oxime correspondantes.

---

(1) René Hazard, *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 1752.

(2) Jeanne Lévy et René Hazard, *C. R. Soc. de Biologie*, 99, n° 28, 1928, p. 382.

MICROBIOLOGIE. — *Sur la gattine amicrobienne expérimentale et sur le rôle des substances cytotoxiques intestinales dans l'épidémiologie de la gattine et de la flacherie vraie.* Note [1] de M. **A. Paillot**, présentée par M. P. Marchal.

Nous avons montré antérieurement [2] que dans les élevages de Vers à soie décimés par la gattine ou maladie des « têtes claires », il était possible de rencontrer des Vers malades dont le mésointestin postérieur présente les lésions caractéristiques de cette maladie sans que le contenu intestinal soit en état d'infection microbienne. Nous avons déduit de ces faits d'observation que l'épidémiologie de la gattine devait être conditionnée non seulement par la présence du *Streptococcus bombycis*, mais aussi par celle de substances cytotoxiques intestinales tirant leur origine de la vie parasitaire du Streptocoque. Nous sommes en mesure aujourd'hui d'apporter des preuves expérimentales en faveur de cette hypothèse.

Ayant installé dans l'automobile-laboratoire utilisée pour nos recherches une microcentrifugeuse tournant à la vitesse de 12000 tours-minute, nous avons pu centrifuger sur place le contenu intestinal de Vers à soie prélevés directement dans les élevages décimés naturellement par la gattine. Si l'on fait ingérer à des Vers normaux une goutte de la partie claire du liquide intestinal soumis à la centrifugation et par suite débarrassé de tous ses éléments microbiens, les Vers contractent la maladie sept jours environ après l'ingestion du liquide; contrairement à ce qui se passe lorsqu'on emploie le liquide intestinal non centrifugé, la plupart des Vers présentent les lésions caractéristiques de la gattine sans que l'infection streptococcique se manifeste dans le contenu intestinal.

Si l'on prélève le contenu amicrobien, qu'on le soumette à la centrifugation et qu'on fasse ingérer une goutte de la partie claire surnageante à une nouvelle série de Vers à soie normaux, on peut reproduire la maladie dans des conditions sensiblement les mêmes que précédemment.

Nous avons même pu reproduire expérimentalement une petite épidémie de gattine amicrobienne en élevant des Vers à soie sur une feuille de papier filtre imbibée avec le liquide intestinal d'un Ver gattiné débarrassé de Streptocoques par centrifugation. Enfin des Vers placés dans le voisinage d'un petit élevage décimé par la gattine amicrobienne et microbienne, ont

---

(1) Séance du 8 octobre 1928.

(2) *C. R. Soc. Biologie*, 97, 1927, p. 736.

tous contracté la maladie; la plupart ont présenté les symptômes de l'infection streptococcique.

Ces quelques faits d'expérience montrent que la gattine est une maladie extrêmement contagieuse et que cette contagion est assurée bien plus par les produits cytotoxiques du contenu intestinal que par les Streptocoques eux-mêmes. Ainsi, contrairement à ce qui semble se passer dans la plupart des maladies contagieuses, l'épidémiologie de la gattine est conditionnée surtout par les substances cytotoxiques de nature encore inconnue qui sont mises en liberté en plus ou moins grande abondance avec les déjections des Vers malades. On peut se demander si la propagation de la gattine d'une année à l'autre n'est pas conditionnée de même par l'existence dans les poussières de ces substances cytotoxiques et même si la prédisposition héréditaire à la gattine, qui se manifeste à un si haut degré chez les Vers issus de papillons parasités par le *Streptococcus bombycis*, n'est pas due, elle aussi, à la présence dans l'œuf de ces mêmes produits. Ces constatations, qui semblent réduire considérablement l'importance du facteur microbien dans la propagation de la maladie, n'infirment en rien l'opinion que nous avons émise sur le rôle étiologique du *Strept. bombycis*. Il est bien démontré en effet que l'inoculation de culture pure de Streptocoque dans la cavité générale de Vers à soie normaux suffit pour déclancher les processus caractéristiques de la gattine. L'infection microbienne intestinale joue vraisemblablement aussi un rôle important à l'origine des épidémies de gattine ou de flacherie vraie; elle est enfin une cause d'aggravation des conditions épidémiologiques de ces maladies, puisqu'elle contribue directement à accroître la quantité de substances cytotoxiques mises en liberté avec les déjections des Vers à soie.

La durée d'incubation de la gattine amicrobienne expérimentale varie suivant l'état de développement de la chenille: lorsque l'ingestion de liquide intestinal centrifugé a lieu immédiatement après la mue, la durée d'incubation est sensiblement plus courte que si l'on opère avant ce moment; cette durée est encore réduite quand on emploie comme liquide de contage le contenu intestinal diarrhéique non centrifugé, c'est-à-dire un liquide plus ou moins riche en *Streptococcus bombycis*.

Les lésions cellulaires de la gattine amicrobienne sont identiques à celles qui caractérisent la maladie naturelle; de même le pH du contenu intestinal est nettement plus élevé que celui du contenu des vers normaux. L'étude des lésions cellulaires du mésointestin postérieur peut être faite sur frotti sec coloré par le Giemsa : il suffit de prélever un lambeau d'épithélium vers l'extrémité de l'intestin moyen, de l'appliquer contre la surface d'une

lame de verre bien propre sans écraser ni étaler, de façon à déformer aussi peu que possible les cellules épithéliales qui restent collées sur le verre; après dessiccation, fixation, puis coloration rapide dans la solution diluée de Giemsa, on distinguera très nettement, même à un faible grossissement, les altérations nucléaires si caractéristiques de la gattine. Cette méthode peut être employée, d'une manière générale, pour le diagnostic rapide de la gattine et de la flacherie vraie.

BACTÉRIOLOGIE. — *Sur l'action des enzymes protéolytiques bactériennes; influence du* pH *sur la protéolyse.* Note de M. **Moycho**, présentée par M. Molliard.

Nos connaissances sur les enzymes protéolytiques d'origine animale ont progressé ces derniers temps surtout grâce aux travaux de Willstätter, Waldschmidt-Leitz, Northtrop et d'autres. Les enzymes d'origine végétale et particulièrement d'origine bactérienne ont été par contre moins étudiées; l'étude de l'action protéolytique du liquide enzymatique cru, retiré des cellules bactériennes, peut jeter une certaine lumière sur le caractère de la protéase active.

Technique. — Pour obtenir du liquide enzymatique, on a eu recours aux *Bac. prodigiosus* et *Bac. pyocyaneus*, cultivés dans l'eau peptonée (1 pour 100 de peptone de witte + 0,5 pour 100 de NaCl). Au bout de quelques ou plusieurs jours on a filtré lesdites cultures à la bougie de Chamberland et par addition aux filtras de quantités convenables de $HCl\ \frac{N}{1}$ ou $NaOH\ \frac{N}{1}$ on a obtenu une série de liquides enzymatiques à concentration déterminée d'ions hydrogène.

La gélatine à 12 pour 100 a été additionnée de 1 pour 100 de peptone de witte et de 0,5 pour 100 de NaCl. Après la stérilisation, on a préparé, par addition de quantités convenables de $HCl\ \frac{N}{1}$ ou $NaOH\ \frac{N}{1}$ une série de gélatines à concentration déterminée d'ions hydrogène. La gélatine ainsi préparée a été répartie dans des tubes à essai de même diamètre ($0^{cm},8$).

Des portions de $0^{cm^3},5$ du liquide enzymatique, chacune à pH déterminé, sont versées sur la surface de la gélatine dont le pH est égal ou très rapproché de celui de l'enzyme surnageant.

Sous l'action du liquide enzymatique, la surface de la gélatine se liquéfie; la hauteur des couches liquéfiées (en millimètres) sert à comparer la vitesse de la protéolyse. La comparaison doit être effectuée au bout du même laps de temps, dans la même série d'expériences et la même température.

La détermination de la concentration d'ions hydrogène a été faite par la méthode électrométrique avec une électrode à quinhydrone; dans les cas douteux les résultats ont été vérifiés par la méthode colorimétrique ou à l'aide de l'électrode à hydro-quinhydrone; dans ce dernier cas on a tenu compte de la correction proposée par Grossmann (1927) :

$$\Delta \mathrm{pH} = 0,24 . 2^{p'\mathrm{H}-7} - 0,21;$$

à la valeur de la concentration d'ions hydrogène constatée (p'H) il faut ajouter la correction calculée d'après la formule empirique citée plus haut.

Il faut enfin remarquer que la protéolyse elle-même ne provoque pas de changement notable de l'acidité de la gélatine.

Influence de la concentration d'ions hydrogène sur la protéolyse de la gélatine. Les enzymes protéolytiques comme la pepsinase ou la tryptase, diffèrent entre elles par la valeur optimale du pH. Cela permet de distinguer si l'enzyme protéolytique a le caractère de la pepsinase ou de la tryptase.

D'après Dernby (1922) le maximum de l'action de l'enzyme protéolytique de *Bac. prodigiosus* sur la gélatine est à pH = 6 — 7; celui de l'enzyme protéolytique de *Bac. pyocyaneus* à pH = 6,5 — 7,5. Waldschmidt-Leitz (1925) a cependant déterminé l'optimum de pH pour la tryptase à 8,2.

Par suite de cette divergence de la valeur optimale du pH chez les enzymes protéolytiques bactériens et la tryptase, Euler (1927) a supposé l'existence d'une tryptase particulière chez les bactéries.

Mes expériences, exécutées au laboratoire de Physiologie végétale de l'Université de Varsovie, indiquent que, pour l'action de l'enzyme protéolytique de *Bac. prodigiosus* et *Bac. pyocyaneus* sur la gélatine, l'optimum pH concorde avec celui de la tryptase.

Voici quelques expériences typiques :

I. — *Expériences avec l'enzyme protéolytique de* Bac. pyocyaneus.

Culture de 14 jours :

pH de l'enzyme	4,1	5,0	6,0	7,0	8,2	8,5	8,8
pH de la gélatine	3,9	4,9	5,9	6,9	8,2	8,3	8,8
Couche de gélatine hydrolysée en millimètres après 3 jours	0,3	3,0	5,8	6,4	7,0	7,0	6,6

Culture de 9 jours :

pH de l'enzyme	3,9	5,0	6,1	7,1	8,2	8,7
pH de la gélatine	4,0	4,9	6,0	6,9	8,0	8,8
Couche de gélatine hydrolysée en millimètres après 3 jours	0	1,8	4,7	5,3	6,2	5,8

II. — *Expériences avec l'enzyme protéolytique de* Bac. prodigiosus.

Culture de 16 jours :

pH de l'enzyme	4,0	4,9	6,0	7,0	8,0	8,4	8,8
pH de la gélatine	4,0	4,9	5,9	7,0	8,0	8,5	8,8
Couche de gélatine hydrolysée en millimètres après 3 jours	0,9	1,4	2,5	3,4	4,2	3,9	3,1

Culture de 12 jours :

pH de l'enzyme	4,0	5,1	6,0	7,0	8,0	8,4
pH de la gélatine	4,0	4,9	6,0	6,9	8,0	8,4
Couche de gélatine hydrolysée en millimètres après 3 jours	1,8	2,4	3,6	4,5	5,1	4,0

Il résulte de ces expériences que dans les milieux acides (pH = 4) l'enzyme protéolytique de *Bac. pyocyaneus* n'agit pas sur la gélatine, tandis que l'enzyme de *Bac. prodigiosus* agit à peine; avec la diminution de l'acidité l'action protéolytique augmente, atteint le maximum près de pH = 8, après quoi elle diminue.

La différence entre ces deux enzymes consiste dans l'étendue plus large de l'activité de l'enzyme protéolytique de *Bac. prodigiosus* dans les milieux acides.

La marche de la courbe indique que l'optimum de l'action de l'enzyme protéolytique de *Bac. pyocyaneus* et de *Bac. prodigiosus* sur la gélatine se trouve près de pH = 8,0, ce qui indiquerait à son tour le caractère tryptasique des enzymes protéolytiques envisagées.

SÉROLOGIE. — *Réaction simple de différenciation des sérums normaux et syphilitiques à l'aide de colloïdes organiques.* Note de MM. **R. Douris** et **J. Beck**, présentée par M. d'Arsonval.

Des travaux antérieurs [1] nous avaient conduits à essayer de substituer des composés chimiquement définis et sous un état colloïdal toujours identique aux réactifs « antigènes », extraits d'organes, employés pour le sérodiagnostic de la syphilis. Dans une précédente Note, nous avons relaté les résultats que nous ont donné les colloïdes minéraux formés au sein même du sérum à examiner.

---

[1] R. Douris et J. Beck, *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 257 et 977. — R. Douris, *Guide pratique pour l'analyse du sang*, p. 117 et 143. Vigot frères, éditeurs, Paris, 1925.

Nous avons continué ces recherches en nous adressant à des colloïdes organiques ayant une affinité chimique plus marquée pour le sérum sanguin. Ici encore le colloïde organique est obtenu par double décomposition chimique entre deux réactifs ajoutés successivement au sérum.

Nous avons essayé de nombreux composés organiques acides; matières colorantes, acides gras, etc., pouvant être obtenus sous forme colloïdale par l'action d'un acide sur des dérivés salins : éosinate de potassium, stéarate, oléate de sodium, etc.

Parmi tous ces produits, l'oléate de sodium est celui qui nous a donné les meilleurs résultats. L'acide oléique liquide, mis en liberté par un acide, est en effet éminemment propre à prendre une forme colloïdale permettant la différenciation du sérum normal et du sérum syphilitique.

Fait important à remarquer, nous avons été conduits logiquement par une voie toute différente, à l'emploi de l'acide oléique que les sérologistes avaient tenté d'utiliser, dès la publication de la réaction de Wassermann, pour former des antigènes synthétiques [1].

L'acide oléïque est, en effet, un des groupements constitutifs des lécithines qui entrent dans la composition des extraits d'organes; comme il en est de même de l'acide phosphorique, nous avons eu recours à ce dernier pour former l'acide oléïque colloïdal aux dépens de l'oléate de sodium.

Voici finalement la technique à laquelle nous nous sommes arrêtés :

1° Solutions nécessaires :

Oléate de sodium	2^g
Eau distillée, q. s. p.	100^{cm^3}

L'oléate de sodium, placé dans une capsule de porcelaine, est délayé avec 75^{cm^3} d'eau distillée. On chauffe légèrement sans atteindre l'ébullition qui donnerait une mousse abondante. On introduit la solution dans un flacon jaugé et l'on complète à 100^{cm^3} après complet refroidissement. On agite et l'on transvase dans un matras. Le liquide obtenu présente à froid un aspect légèrement trouble. Au moment de l'emploi on plonge le matras qui le contient dans l'eau chaude d'un bain-marie jusqu'à *clarification complète*.

Le matras est alors retiré et abandonné à un refroidissement partiel. La solution *récemment préparée* d'oléate de sodium doit être employée à la

(1) Desmoulière, *Comptes rendus*, 155, 1912, p. 592 et 925.

température de 45°. Elle est *parfaitement limpide* et n'exerce pas d'action sur les matières albuminoïdes du sérum.

2° Solution d'acide phosphorique obtenue en mélangeant :

Acide phosphorique, 45° Bé	1^{cm^3}
Eau distillée, q. s. p	250^{cm^3}

Le sérum à examiner, frais, non chauffé, doit présenter les caractères requis pour les séro-réactions habituelles, c'est-à-dire être limpide et privé d'hémoglobine. Afin de constituer des témoins de comparaison pour chaque sérum, nous avons mis à profit la propriété stabilisante que possède le formol.

Le mode opératoire consiste à mettre dans des tubes de verre de $13^{mm} \times 60^{mm}$ les réactifs dans l'ordre indiqué ci-dessous en ayant soin de mélanger soigneusement par renversement du tube après chaque addition de réactif. Voici ce qui se passe dans le cas de deux sérums, l'un normal, l'autre syphilitique :

	Sérum normal.		Sérum syphilitique.	
	Tube à réaction.	Tube témoin.	Tube à réaction.	Tube témoin.
Sérum	$0^{cm^3},5$	$0^{cm^3},5$	$0^{cm^3},5$	$0^{cm^3},5$
Formol à 40 pour 100	–	2 gouttes	–	2 gouttes
Oléate de sodium à 2 pour 100 ($t=45°$)	$0^{cm^3},5$	$0^{cm^3},5$	$0^{cm^3},5$	$0^{cm^3},5$
Acide phosphorique à $\frac{1}{250}$ ...	$0^{cm^3},5$	$0^{cm^3},5$	$0^{cm^3},5$	$0^{cm^3},5$
Résultats	liquide transparent	liquide transparent	liquide trouble	liquide transparent

L'observation du contenu des tubes doit être faite à la hauteur de l'œil *dans les cinq premières minutes* qui suivent le mélange final. Dans ces conditions, on observe un trouble intense dans les tubes à réaction contenant des sérums syphilitiques.

Les différences entre les sérums normaux et syphilitiques sont très visibles et les résultats ne prêtent pas à confusion.

Conclusions. — La méthode que nous proposons aux sérologistes utilise les différents phénomènes physico-chimiques mis en lumière par l'étude systématique du mécanisme de la réaction de Bordet-Wassermann.

Elle se recommande par les avantages suivants :

1° Emploi d'un réactif chimiquement défini, sous un état colloïdal toujours identique (particules chargées négativement), préparé au sein même du sérum à examiner;

2° Simplicité du mode opératoire ne nécessitant pas d'outillage spécial, ni de réactifs coûteux;

3° Rapidité de l'exécution;

4° Interprétation facile des résultats;

5° Concordance de ces derniers avec le diagnostic clinique.

Elle doit ainsi satisfaire les désirs exprimés par les sérologistes [1] souhaitant l'apparition d'une méthode simple de séro-diagnostic de la syphilis.

HISTOLOGIE PATHOLOGIQUE. — *Cellules nerveuses et virulence du pneumogastrique dans la rage canine.* Note de MM. **Y. Manouélian** et **J. Viala**, présentée par M. Roux.

Pasteur, Chamberland et Roux ont montré en 1884 que l'inoculation des troncs nerveux de chiens atteints de la rage conférait cette maladie aux animaux. « La matière nerveuse avait été inoculée par trépanation et la durée de l'incubation avait été beaucoup plus longue que lorsqu'on inocule de la même façon la substance du cerveau ou de la moelle, comme si le virus rabique était très peu abondant dans le tissu des nerfs. Dans une expérience on a inoculé à trois chiens le nerf pneumogastrique divisé en trois tronçons; chaque animal reçut sous la dure-mère l'émulsion obtenue en broyant séparément un de ces tronçons dans un liquide stérilisé. Les animaux qui avaient reçu le bout supérieur et le bout inférieur du pneumogastrique prirent la rage, celui qui avait été inoculé avec la partie intermédiaire resta bien portant. Il semble donc que le virus rabique est peu abondant dans les nerfs, et il faudra, pour le mettre en évidence, inoculer une quantité aussi grande que possible de la matière du nerf que l'on veut étudier » [2].

Nos propres expériences sur la virulence du pneumogastrique chez le chien ont abouti aux mêmes résultats. De plus, fait très intéressant, les résultats de nos recherches histologiques vont de pair avec ceux obtenus par l'expérimentation.

Rappelons d'abord que l'extrémité supérieure du pneumogastrique présente un renflement, c'est le ganglion plexiforme qui, avec le ganglion jugulaire, est l'homologue des ganglions spinaux. Notons encore que le plexiforme présente les plus fortes lésions dans la rage et qu'il contient un

(1) J. Kiss, *Zeit. f. Immun.*, 44, 1925, p. 466-486. — T. Ohashi, *Ibid.*, 44, 1925, p. 347-402.

(2) E. Roux, *Notes de laboratoire sur la présence du virus rabique dans les nerfs* (*Annales de l'Institut Pasteur*, 2, 1888, p. 18).

grand nombre de parasites. Or il n'y a pas de limite réelle entre le ganglion et le tronc pneumogastrique sous-jacent. Et l'on voit des fusées de cellules nerveuses ganglionnaires s'insinuer entre les faisceaux de fibres du nerf. Les neurones parasités du plexiforme se prolongent donc sur une certaine étendue dans le bout supérieur du nerf pneumogastrique. Voilà pourquoi ce bout est virulent.

Quant à la virulence des bouts inférieurs, les connexions intimes des pneumogastriques droit et gauche avec le sympathique abdominal l'expliquent parfaitement. Nous avons pu, en effet, déceler dans le système nerveux sympathique, ganglions, plexus et nerfs, un nombre incalculable de cellules nerveuses contenant l'agent de la rage.

Il ressort donc de nos recherches, que inoculer le bout supérieur du pneumogastrique c'est inoculer surtout une portion du ganglion plexiforme; comme inoculer le bout inférieur revient à inoculer des amas de neurones sympathiques. Dans les deux cas la virulence du nerf est due à la présence de neurones infectés. Et si certaines portions du nerf se montrent avirulentes c'est parce qu'elles sont dépourvues de neurones, seuls vecteurs du parasite de la rage.

MÉDECINE. — *Une nouvelle application des courants de haute fréquence : la d'Arsonvalisation médicamenteuse.* Note de M. **Bordier**, présentée par M. d'Arsonval.

On sait que le terme de d'Arsonvalisation sert à désigner l'emploi thérapeutique des courants à haute fréquence, quelle que soit la forme sous laquelle ces courants sont utilisés. La d'Arsonvalisation médicamenteuse peut se pratiquer soit au moyen d'une électrode à vide, genre Mac Intyre, soit au moyen d'une électrode condensatrice à filigrane d'argent, genre Oudin. Mais ces électrodes doivent être convenablement modifiées : dans ce but, j'ai fait construire une électrode spéciale de chaque catégorie dont la partie active est constituée par une cupule en verre soudée à l'extrémité de l'électrode. C'est dans cette cupule qu'on place la substance médicamenteuse dont un tampon de coton est imbibé.

La d'Arsonvalisation médicamenteuse peut être employée soit au contact, soit à distance. Dans le premier cas, le passage du courant de haute tension produit une élévation de la température du coton et des tissus recouverts; cet échauffement peut atteindre une valeur plus ou moins grande suivant l'intensité du courant et suivant le temps d'application.

Les mesures faites avec un thermomètre à température locale prouvent

que l'électrode à vide produit un échauffement moins rapide et moins marqué, toutes choses égales d'ailleurs, que l'électrode condensatrice.

On peut mettre à profit les actions calorifiques dont les tissus, peau ou muqueuse, sont le siège pour faire pénétrer la substance dans ces tissus. Mais le mécanisme de l'absorption est ici tout à fait différent de celui employé jusqu'à présent à l'aide du courant continu : ce n'est plus un transport d'ions que fait la d'Arsonvalisation, car elle ne produit pas d'électrolyse. L'absorption de la substance médicamenteuse se fait sans décomposition de la molécule; c'est à la vasodilatation intense produite par l'échauffement qu'est due l'absorption. Elle est plus rapide au niveau d'une muqueuse qu'au niveau de la peau : on utilise déjà cette absorption en Stomatologie, en particulier pour le traitement de la pyorrhée alvéolo-dentaire sous le nom impropre et vague d'*électrosmose*.

On peut employer la d'Arsonvalisation médicamenteuse avec différentes substances actives, cocaïne, iode, aconitine, etc.; ce dernier alcaloïde peut donner des résultats précieux dans le traitement de la névralgie du trijumeau.

Dans la seconde manière de pratiquer la d'Arsonvalisation médicamenteuse, le tampon de coton doit être façonné de façon à avoir une forme conique émergeant de la cupule : l'électrode étant approchée des tissus à une distance convenable, une effluvation se produit alors vers ces tissus, mais ici il y a absence à peu près complète des rayons ultraviolets, contrairement à ce qui a lieu avec une pointe métallique. Sous l'influence de la haute tension et de la densité électrique, des particules médicamenteuses microscopiques quittent le substratum poreux et viennent bombarder la paroi cutanée placée en face de l'électrode. Cette effluvation est d'autant plus forte que le courant de haute fréquence est lui-même plus intense et surtout que la distance à la peau est plus petite.

Des expériences faites par exemple avec une solution d'iode imprégnant la mèche de coton et une feuille de papier humide amidonné tenue dans la main ont montré qu'il se forme une zone circulaire bleue d'iodure d'amidon en face du tampon de coton, et cela soit avec l'une, soit avec l'autre électrode, mais l'électrode condensatrice a une action plus marquée.

L'utilisation de cette effluvation médicamenteuse m'a rendu déjà de grands services dans le traitement de certaines plaies atones, et en particulier des radiodermites ulcéreuses où l'emploi des rayons ultraviolets doit être soigneusement évité sous peine de voir l'ulcération s'aggraver.

La séance est levée à 16h.

É. P.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 22 OCTOBRE 1928.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE HAMY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **SECRÉTAIRE PERPÉTUEL** dépose sur le bureau le *Volume jubilaire* HUGO DE VRIES, 16 février 1928. Volume XXV^{A} du *Recueil des travaux botaniques néerlandais*.

ASTRONOMIE. — *Description d'une forme nouvelle de chercheur de comètes.* Note (¹) de M. **G. BIGOURDAN**.

Ce qu'on demande surtout à un chercheur de comètes, et en général à tout instrument d'exploration, c'est qu'il comporte l'examen successif de tous les points visibles du ciel en permettant à l'observateur, et particulièrement à son œil, de rester aussi immobiles que possible.

Avec la *monture parallactique*, Le Verrier et Villarceau ont résolu ce problème, chacun à sa manière, en plaçant l'oculaire de la lunette au point d'intersection de l'axe horaire et de l'axe de déclinaison. Des chercheurs de ces types ont été construits respectivement pour les observatoires de Marseille et de Toulouse et ont d'ailleurs rendu bien des services; mais on leur reproche l'instabilité de la lunette qui vibre facilement au vent; en outre les contrepoids nécessaires, etc., sont fort gênants; enfin l'exploration du voisinage du pôle élevé est difficile comme avec tout appareil monté parallactiquement.

Pour les dispositifs *azimutaux* on connaît la monture classique où la

(¹) Séance du 8 octobre 1928.

lunette, mobile en hauteur, est fixée au siège de l'observateur et tourne avec ce siège autour d'un axe vertical. Cette forme de chercheur est généralement amovible et manque aussi de stabilité; en outre l'observateur n'est pas abrité.

Je me propose de décrire une nouvelle forme azimutale de chercheur que j'ai sous les yeux et que j'ai fait construire il y a 20 années environ. En voici d'abord le principe :

1° *La lunette, maintenue sensiblement verticale, vise le nadir et peut tourner sur elle-même autour de son axe optique* OF (O = objectif; F = foyer).
2° *Au-dessous de l'objectif* O *est un miroir plan m solidaire de la lunette, mais pouvant tourner autour d'un axe horizontal* AB *invariablement lié à la lunette,* de sorte qu'il peut présenter successivement à l'objectif tous les points d'un même vertical; et comme la lunette, en tournant simplement sur elle-même, vise successivement tous les points d'un cercle horizontal, l'œil placé en F peut voir, sans se déplacer, tel point que l'on veut du ciel; en outre le corps de l'observateur peut aussi rester absolument immobile; et l'instrument ne demande aucun contrepoids.

Voici comment a été réalisé ce principe :

Pied ou *Support de la lunette.* — La lunette est soutenue par les arêtes d'un tétraèdre sensiblement régulier (il n'existe que les arêtes) qui a une face CDE horizontale servant de base; l'oculaire occupe à peu près le sommet opposé et élevé S. Ce tétraèdre est formé de barres les unes en fer à T, les autres en fer cornière; d'autres barres sont disposées suivant les bissectrices CM, DM, EM des angles de la base, et, vers leur point commun M, elles supportent un plateau de fonte de fer, fixe avec la base, portant lui-même la crapaudine réglable ([1]) sur laquelle tourne toute la lunette, en entraînant le miroir *m*.

En réalité le tétraèdre SCDE est tronqué près de son sommet S, les barres SC, SD, SE étant raccourcies d'environ $\frac{1}{10}$ de leur longueur commune; et leurs extrémités devenues ainsi libres sont réunies à une forte couronne circulaire de fonte de fer H qui les maintient équidistantes, tout en recevant dans son intérieur le corps arrondi de la lunette : celle-ci peut de la sorte tourner autour de son axe optique maintenu vertical; ses mou-

([1]) Le plateau M, en fonte de fer, porte quatre redents ou talons opposés rectangulairement deux à deux et taraudés; autant de fortes vis correspondantes poussent ou retiennent la crapaudine, permettant de la déplacer et de la fixer à volonté sur le plateau.

vements angulaires sont commandés par un pignon denté engrainant avec un cercle à crémaillère fixé à la lunette près de l'oculaire; ces mouvements sont mesurés par un cercle divisé tracé sur le plat du cercle à crémaillère.

Support du miroir. — Le corps de la lunette, au-dessous de l'objectif, est prolongé par un demi-cylindre à claire-voie qui supporte le miroir *m* et qui ensuite se relie à un plateau circulaire monté sur pivot (¹) appuyant sur la crapaudine portée par le plateau M, de sorte que le mouvement de pivotement de la lunette est très doux. L'axe de rotation du miroir *m* est sensiblement horizontal (²); il porte un cercle divisé sur la tranche, convenablement éclairé à volonté, visé par une petite lunette chercheur placée près de F où est l'œil de l'observateur, de sorte qu'à tout instant celui-ci peut lire sans déplacement l'azimut et la hauteur du point visé. Une tige, de longueur variable à volonté et à rappel, a une de ses extrémités placée sous la main de l'observateur, tandis que l'autre, attachée au miroir, commande son inclinaison; elle permet ainsi tout à la fois de changer l'inclinaison du miroir et de l'immobiliser à volonté. On voit que cette monture, qui ne demande absolument aucun contrepoids peut être installée telle qu'elle à n'importe quelle latitude. Un instrument ainsi monté, combiné avec l'emploi d'un micromètre circulaire (³), peut permettre de faire toutes les observations équatoriales de position.

Support et abri de l'observateur. — Les tiges bissectrices CM, DM, EM de la base du tétraèdre ont été laissées assez longues (à l'opposé de M) de manière à pouvoir porter un second tétraèdre S'C'D'E' qui enveloppe le premier sans le toucher n'ayant avec lui d'autre point commun que ces tiges de base CM, DM. EM. Ce second tétraèdre est tronqué comme le premier et une couronne de fonte de fer H', semblable et concentrique à H, supporte l'observateur et son abri : celui-ci est réduit au minimum

---

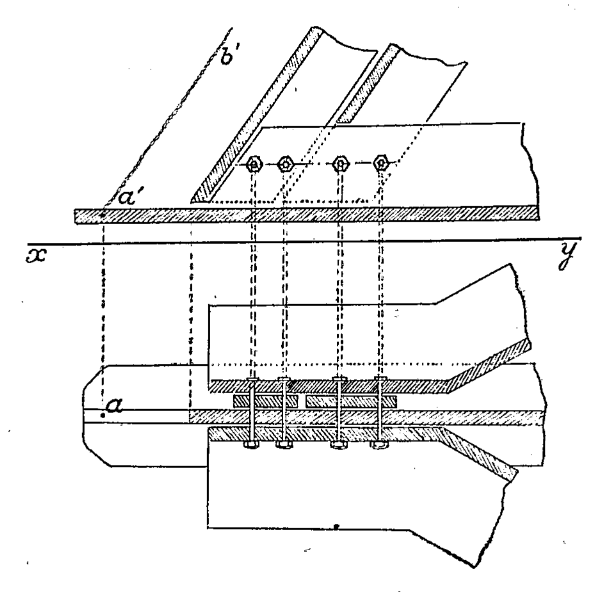
(¹) Ce pivot est à vis; il s'engage dans le centre du plateau et permet ainsi de soulever à volonté tout le système lunette-miroir, de manière à rendre les mouvements parfaitement doux.

(²) Cet axe peut être placé à diverses distances de l'objectif O.

(³) L'extrémité oculaire de la lunette est ainsi disposée qu'on peut instantanément remplacer l'oculaire de recherche, d'exploration, à grand champ, par le porte-micromètre circulaire, avec oculaire positif. Disons en passant que beaucoup d'amateurs astronomes n'apprécient pas à leur valeur les grands avantages du micromètre circulaire, très facile à construire, par réduction photographique d'un modèle à grande échelle par exemple; il est toujours réglé instantanément de par son principe géométrique même.

pour masquer le moins de ciel possible. Des haubans destinés à maintenir l'abri joignent son sommet aux points C', D', E' de la base.

Cet abri, de forme ovoïde, avec grand axe vertical, est formé par trois nervures équidistantes en fer cornière qui, partant de H', vont se fixer à un petit plateau de fonte de fer constituant la partie la plus élevée de tout



l'ensemble. Ces trois nervures sont entretoisées et l'ensemble de ces nervures et entretoises est recouvert d'une forte toile à voile qui protège bien l'observateur; celui-ci peut être confortablement assis sur son siège, fixé aussi, comme nous avons dit, au cercle H'. C'est le plateau-sommet qui est réuni par des haubans aux points C', D', E', de la base. Ainsi tout est en tétraèdre, donc géométriquement indéformable et très économique. La toile de l'abri peut être manœuvrée par des *cordons* passant sur de petites poulies de renvoi et dont les extrémités libres sont sous la main de l'observateur.

Jonctions à la base. — La figure ci-dessus montre, en projection horizontale et en projection verticale, comment toutes les pièces de l'armature se relient au triangle équilatéral de base. (Pour ne pas surcharger la projection verticale on n'a figuré que les pièces placées dans le plan des bissectrices du triangle équatorial de base.) En *a' b'* est figuré un des haubans qui relient à la base l'extrémité supérieure de l'abri de l'observateur.

Socle. — Tout cet ensemble, matière et lunette, est posé sur trois piliers équidistants sur lesquels appuient directement les fers à T qui constituent

les médianes CM, DM, EM de la base; il n'est pas nécessaire de pilier spécial pour supporter le plateau M. Naturellement ces trois piliers devront être de hauteur suffisante pour que le miroir réflecteur *m* puisse voir tous les points à viser.

Inconvénients. — Dans ce genre de monture le corps de l'observateur et son abri cachent les régions circumzénithales; en outre les arêtes obliques des tétraèdres masquent aussi d'autres petites parties du ciel; mais ces inconvénients sont tout *momentanés* dans la plupart des latitudes et l'observateur le moins expérimenté saura conduire son exploration ou arranger son plan d'observation de manière à s'en affranchir.

Dimensions réelles de l'appareil décrit. — Nous avons dit qu'il est construit depuis environ 20 ans. Le corps de la lunette est en cuivre et l'objectif, à deux verres collés, a $0^m,160$ d'ouverture et $0^m,90$ de distance focale [1]. Le miroir réflecteur, monté aussi sur plateau de cuivre, tournant comme nous avons dit, est elliptique et ses axes ont respectivement $0^m,197$ et $0^m,280$.

Les côtés du tétraèdre SCDE sont de 4^m et ceux du tétraèdre S'C'D'E' sont légèrement plus longs. La monture en fer et fonte, formée de deux tétraèdres et de la partie métallique de l'abri, protégée par une couche de peinture, reste constamment en plein air; et le montage complet de la lunette et du miroir *m* n'exige pas plus d'une heure en s'aidant d'un palan fixé au petit plateau de l'abri, plateau qui est percé au centre d'un petit canal vertical.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur le rôle des atmosphères dans les occultations d'étoiles par les planètes* [2]. Note de M. **Ch. Fabry.**

Il est intéressant de voir ce que peuvent être les phénomènes pour les diverses planètes, en faisant des hypothèses vraisemblables sur leurs atmosphères. Le tableau suivant donne les valeurs des constantes qui entrent dans nos formules, en supposant que les atmosphères aient les propriétés de l'air à 0°. Pour la distance à la Terre, on a pris les nombres indiqués, en kilomètres, dans la première ligne du tableau, valeurs un peu supérieures à la distance minimum.

---

(1) Il peut être remplacé par un second objectif à deux verres collés de $0^m,110$ d'ouverture et $0^m,70$ de distance focale, dont le barillet est placé dans une couronne en bois.

(2) Voir une Note précédente, *Comptes rendus*, **187**, 1928, p. 627.

	Mercure.	Vénus.	Mars.	Jupiter.	Saturne.	Lune.
Distance à la Terre (en km).......	10×10^7	9×10^7	9×10^7	$6,7 \times 10^8$	$13,4 \times 10^8$	$3,82 \times 10^5$
h (kilomètres)....	19,5	9,1	21,6	3,2	7,5	48
$h/D = A$........	$19,5 \times 10^{-8}$	$10,1 \times 10^{-8}$	24×10^{-8}	$0,48 \times 10^{-8}$	$0,56 \times 10^{-8}$	$12,5 \times 10^{-5}$
A (en secondes)..	0,040	0,021	0,049	0,0010	0,0012	25,7
ϖ_1 (atmosphère)..	$2,4 \times 10^{-5}$	$5,4 \times 10^{-6}$	$2,6 \times 10^{-5}$	$4,4 \times 10^{-8}$	$8,6 \times 10^{-8}$	0,028
e (en mètres).....	13	3	18	0,053	0,14	$20^{km},6$

Admettons que la diminution d'éclat commence à être observable quand l'augmentation de grandeur atteint 0,2 et que la disparition (s'il n'y a pas encore eu occultation vraie) se produise pour une augmentation de 3 grandeurs. La variation de distance angulaire vraie entre ces deux instants est 19 A. L'intervalle de temps correspondant dépend de la vitesse de déplacement angulaire de la planète; en supposant l'occultation *centrale*, en exprimant A en secondes d'arc, et en désignant par T le temps que met la planète pour parcourir 1″, cet intervalle de temps sera 19 A T.

On va examiner successivement comment les choses peuvent se passer pour les différentes planètes.

Mars. — Le cas de la planète Mars sera, probablement, le plus intéressant. S'il existe une atmosphère, même très faible, on doit pouvoir observer à la fois la déviation et l'affaiblissement progressif, suivi de la disparition brusque si la densité de l'atmosphère à la surface de la planète est très faible. D'autre part, la phase pouvant être assez sensible, on peut, dans certains cas, observer le phénomène sur le bord obscur du disque, ce qui rendra l'observation beaucoup plus facile.

Pour pouvoir donner un horaire probable du phénomène, admettons T = 40 secondes (ce qui correspond à un mouvement angulaire de 37′, 5 par jour), et supposons l'occultation centrale. La durée du phénomène, telle qu'on l'a définie plus haut, sera 38 secondes. Le tableau suivant donne les diverses quantités en fonction du temps, exprimé en secondes, arbitrairement compté à partir de l'instant où l'augmentation de « grandeur » est 0, 2. La pression p, exprimée en atmosphères, est celle de la plus basse couche traversée par le rayon ; X est l'épaisseur de gaz traversé réduite à la pression normale. Enfin, la distance apparente au bord de la planète est donnée à une constante près, les conditions qui déterminent la position apparente de ce bord nous étant inconnues.

Temps (secondes).	Augmentation de grandeur m.	Déviation ω.	Pression maximum p.	Épaisseur de gaz X.	Distance apparente au bord α.
0	0,2	0″,01	$0,6.10^{-5}$	4m	0″,90
0,9	0,5	0,03	$1,7.10^{-5}$	12	0,85
6,6	1	0,07	$4,5.10^{-5}$	30	0,80
17	2	0,26	16.10^{-5}	100	0,74
38	3	0,74	44.10^{-5}	300	0,69
210	5	4,9	3.10^{-3}	1900	0,59

Ce tableau appelle quelques remarques. Tout d'abord, la diminution progressive d'éclat est assez lente pour être facilement observable. Par contre, la déviation observable reste faible, à moins que l'on ne puisse suivre l'étoile déjà très affaiblie, ce qui n'aura lieu que pour les étoiles brillantes.

D'autre part, la plus grande partie du phénomène observable est produite par des couches de gaz très peu denses; l'absorption ne pourra y jouer aucun rôle. C'est ainsi que la diminution d'éclat correspond à deux grandeurs quand la plus basse couche traversée est à la pression de $\frac{1}{6000}$ d'atmosphère, et qu'alors l'épaisseur réduite de gaz traversé n'est que de 100^m. Si l'absorption peut devenir importante, c'est seulement quand l'étoile est déjà très affaiblie par la réfraction.

L'occultation vraie par la surface ne sera observable que si l'atmosphère à la surface est très peu dense.

Enfin, pendant la plus grande partie du phénomène observable, l'étoile paraît presque fixe par rapport à la planète; celle-ci entraîne presque l'étoile dans son mouvement.

Mercure et Vénus. — Les conditions ne sont pas très différentes de celles qui se présentent pour Mars.

Jupiter et Saturne. — L'angle A est extraordinairement petit; la moindre trace d'atmosphère doit faire disparaître l'étoile, sans qu'il soit possible d'observer l'occultation vraie. Pour Jupiter, l'affaiblissement atteint cinq grandeurs quand l'épaisseur de gaz traversée est de 5^m et la pression de 5×10^{-6} atmosphère. Même en faisant toutes réserves sur l'application de la loi exponentielle à une atmosphère aussi raréfiée, on voit que la moindre trace d'un gaz parfaitement transparent doit se comporter comme un écran opaque.

Une atmosphère d'hydrogène donnerait un phénomène un peu moins

instantané (la constante A étant alors 14 fois plus grande), mais encore très rapide.

Lune. — Les formules que j'ai données s'appliquent au cas de la Lune, mais les résultats numériques sont d'un ordre de grandeur entièrement différent. A cause de la proximité de la Lune et de la faible valeur de la pesanteur à sa surface, la constante A est énormément plus grande que dans le cas des planètes; exprimée en angle, avec les hypothèses déjà faites sur la nature de l'atmosphère, elle vaut 25″. De plus, nous savons d'avance que, s'il existe une atmosphère, elle n'a qu'une densité très faible; il en résulte que l'affaiblissement Φ ne peut qu'être très petit jusqu'à l'occultation vraie. Les formules peuvent alors être simplifiées; entre l'augmentation de grandeur m et la distance angulaire vraie de l'étoile au bord de la Lune, on a la relation

$$m = \text{const.} \times e^{-\frac{\theta}{A}}$$

et en fonction du temps, si l'on observe l'émersion

$$m = \text{const.} \times e^{-\frac{t}{\tau}}$$

avec $\tau = AT$.

Si l'on observe l'émersion, la grandeur tend vers sa valeur normale ($m = 0$) suivant une loi exponentielle, avec une *constante de temps* égale à τ, qui vaut à peu près 50 secondes. Toutefois, contrairement à ce qui a lieu pour les planètes, il faut une densité d'atmosphère relativement grande pour produire un affaiblissement observable. Une pression de 0,01 atmosphère, très probablement supérieure à celle qui peut exister à la surface de la Lune, ne produira qu'une diminution d'éclat correspondant à 0,015 grandeur, difficilement perceptible.

La déviation doit aussi varier suivant une loi exponentielle, avec la même constante de temps; la même pression de 0,01 atmosphère produirait une déviation de 0″,3, plus facile à observer que la diminution d'éclat.

Dans le cas de la Lune, pour déceler une trace d'atmosphère, l'effet de déviation est donc plus favorable que l'effet d'affaiblissement; c'est d'ailleurs toujours cet effet de déviation que l'on a cherché à observer. Si l'on admet 0″,1 comme limite de la déviation observable, on pourrait déceler une atmosphère d'air ayant à la surface une pression de $\frac{1}{300}$ d'atmosphère.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Remarque sur la structure fine de l'effet Compton.* Note de M. **Maurice de Broglie.**

Dans le phénomène photo-électrique pour les rayons X l'expérience montre qu'il y a absorption totale du rayon lumineux et qu'un photon $h\nu$ communique son quantum entier à un électron qui sort avec une énergie égale à $h\nu$ moins le travail d'extraction.

Au cours de l'effet Compton ordinaire le photon paraît se diffuser sur un électron libre et partager son énergie avec celle que prend l'électron d'après l'application des lois mécaniques du choc, c'est-à-dire de la conservation de l'énergie et de la conservation de la quantité de mouvement.

Jusqu'à ces derniers temps l'expérience n'avait indiqué, en plus de la ligne déplacée de Compton, qu'une ligne non déplacée attribuable à un photon diffusé avec le même quantum que le photon incident.

Tout récemment (*Phys. Rev.*, septembre 1928) M. Bergen Davis a trouvé une structure dans la ligne non déviée en faisant agir le rayon K_α du molybdène sur un radiateur de graphite et en observant le rayon diffusé sous un angle de 90°. Il trouve trois raies composantes, attribue la raie la plus éloignée à

$$h\nu' = h\nu - W_k,$$

où W_k est le travail d'extraction d'un électron K et réserve son interprétation pour les deux autres lignes.

Si ces conclusions étaient confirmées, le fait qu'il y a extraction d'un électron à l'anneau K montre que ν doit être supérieur à ν_k et qu'en augmentant la fréquence, chaque fois que l'on traverse une fréquence de discontinuité de l'atome diffuseur il apparaît une possibilité nouvelle de diffusion. Le fond continu diffusé sous l'influence d'un faisceau excitateur contenant toutes les longueurs d'onde doit donc présenter des bandes et, dans la courbe reliant l'absorption totale d'un élément à la longueur d'onde, une partie des ressauts d'absorption doit être attribuée à la diffusion.

PHOTOCHIMIE. — *Vitesse des réactions photochimiques.* Note de M. **Jean Perrin** et Mlle **Choucroun.**

Suivant la loi d'action de masse, la vitesse d'une réaction thermique est pour chaque réactif proportionnelle à la concentration active, c'est-à-dire simplement à la concentration c si la réaction est du premier ordre.

Nous avons montré qu'en général il n'en est pas ainsi pour une réaction photochimique, c'est-à-dire pour une réaction qui ne se produit que si l'un (au moins) des réactifs absorbe une lumière excitatrice. Cela tient à ce que cette lumière engendre continuellement des molécules actives (Arrhenius) qui réagissent proportionnellement à leur concentration, c'est-à-dire au produit de leur natalité par leur vie moyenne.

Or, cette natalité n'est pas fonction de la concentration (pour une masse donnée d'absorbant, l'absorption ne dépend pas de la concentration : loi de Beer). Mais la vie moyenne décroît et très rapidement par induction moléculaire quand la concentration grandit. La vitesse de réaction décroît donc selon la même loi, qui est aussi la loi de décroissance du pouvoir fluorescent de la matière absorbante. Et nous avons vu qu'en effet la vitesse de réaction varie, pour une masse donnée de matière, comme le pouvoir fluorescent, c'est-à-dire proportionnellement à une exponentielle e^{-kc}, ce qui fait par unité de volume une vitesse proportionnelle à ce^{-kc}, ce qui donne la loi élémentaire générale de la vitesse d'une réaction photochimique (1).

Il est à présumer que l'on retrouvera pratiquement la loi d'action de masse si le pouvoir fluorescent de la substance absorbante, même aux grandes dilutions, est très faible. Alors, en effet, c'est seulement pour de très fortes concentrations que le voisinage de molécules non activées pourra commencer à diminuer la vie moyenne (très courte) dans l'état activé. C'est ce que nous avons vérifié.

Nous avons opéré, selon la technique précédemment décrite par l'un de nous (2), sur deux réactions photochimiques faisant intervenir des réactifs pratiquement non fluorescents.

I. *Oxydation à l'air de carmin d'indigo dans l'oxalate d'ammonium, sous l'action de lumière violette.* — La vitesse de décoloration est la même pour des masses égales aux concentrations variant de 1 pour 100 à 1 pour 20000. C'est la loi d'action de masse. (Un faible ralentissement se manifeste à la concentration de 2 pour 100.)

II. *Oxydation de l'hélianthine dans l'acide oxalique puis dans l'oxalate d'ammonium* (où elle est plus lente). — La loi d'action de masse est également applicable, dans un domaine de concentration où elle ne l'est pas du tout, quand la solution a un pouvoir fluorescent notable et que, par suite, la vie moyenne dans l'état activé dépend beaucoup de la concentration.

(1) J. PERRIN et Mlle CHOUCROUN, *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 329.
(2) Mlle CHOUCROUN, *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 357.

THERMODYNAMIQUE. — *Sur le diagramme thermodynamique du système Rochefort.* Note (¹) de MM. **J. Auclair** et **J. Villey**.

La caractéristique du remarquable système de M. Rochefort est d'associer, pour la formation du mélange combustible, les techniques de la pulvérisation thermique et de la pulvérisation mécanique. La première consiste à former par entraînement avec l'aide d'un apport convenable de chaleur une émulsion riche qui est ensuite diffusée dans l'air comburant; la seconde ne demande la division du carburant qu'à l'action mécanique due à un violent entraînement du liquide, soit par l'action de l'air comprimé, soit grâce à une pression très élevée exercée sur le liquide lui-même. Cette association, combinant les effets utiles des deux techniques, permet d'atteindre à un moindre prix un résultat plus parfait et d'éviter les pressions élevées que nécessite la simple pulvérisation mécanique, d'où une construction plus économique.

Le système met en œuvre le gaz de la cylindrée, ou gaz actif, dont la combustion libère l'énergie utilisée dans le moteur, et une réserve de gaz carburé ou gaz auxiliaire servant à véhiculer, par voie de cession et d'échange, l'énergie nécessaire pour la pulvérisation. Une étude sommaire du cycle et des diagrammes théoriques d'un moteur fonctionnant suivant le système Rochefort permettra de se rendre compte du mécanisme de ces phénomènes.

Partons, pour fixer les idées, du diagramme théorique du cycle à explosion classique tracé en supposant la compression et la détente adiabatiques, en substituant, à la combustion et à l'émission, des échanges de chaleur à volume constant. Les conclusions auxquelles on aboutit ainsi fournissent au moins des indications qualitatives sur les phénomènes réels.

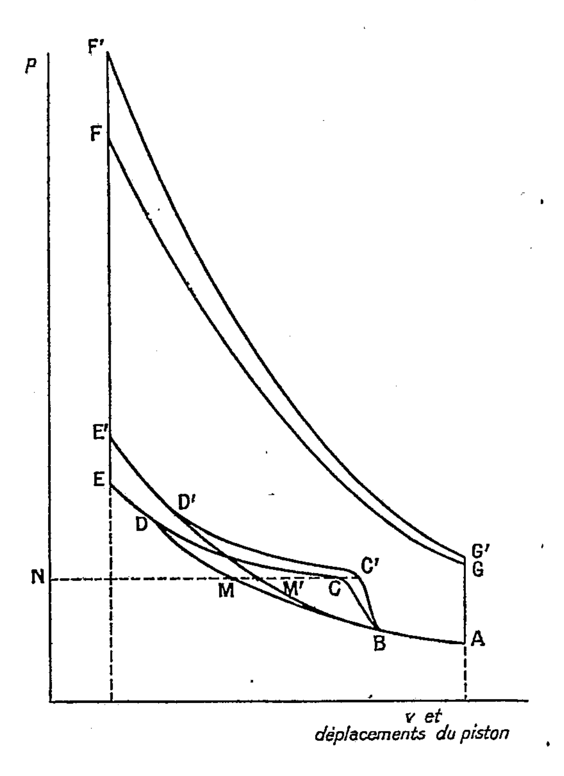
Ce diagramme AMEFG est simultanément le diagramme mécanique du travail exercé sur le piston et le diagramme thermodynamique de l'évolution du fluide constituant la cylindrée.

Dans le système Rochefort le diagramme mécanique est déformé par l'injection, qui élève temporairement les pressions pendant la présence du gaz auxiliaire dans le cylindre, d'où à la place de l'arc BMD les deux arcs successifs BC qui correspond à l'injection et CD qui traduit le refoulement.

Ce diagramme mécanique ABCDEFG n'est plus un diagramme d'évolution thermodynamique, puisque la masse gazeuse varie dans le cylindre;

(¹) Séance du 15 octobre 1928.

mais on peut, puisque les masses qui entrent et ressortent sont égales, isoler par la pensée le gaz auxiliaire et considérer qu'il agit comme un second piston venant momentanément réduire le volume du gaz actif.



Envisageons d'abord l'hypothèse où il n'y aurait pas d'échange de chaleur entre les deux masses de gaz : l'évolution du gaz actif est alors adiabatique, c'est-à-dire conforme au diagramme AMEFG. Le gaz actif d'une cylindrée donne donc encore le même travail total, représenté par l'aire de ce diagramme, et le travail qui manque sur le piston est exercé directement sur le gaz de pulvérisation : il est égal à l'aire BCDMB. Les masses du gaz auxiliaire et du gaz de la cylindrée sont, pour la position du piston correspondant au point C, proportionnelles à MC et NM.

Cette hypothèse de l'évolution adiabatique exigerait que l'énergie correspondant à ce travail soit cédée par le gaz auxiliaire, sous forme de chaleur, aux parois de la chambre de remisage. En fait il n'en sera pas ainsi et l'on peut récupérer une partie du travail T exercé sur le gaz de pulvérisation en rendant adiabatiques les parois du collecteur de remisage. Pratiquement on les maintiendra à une température à peu près égale à la

température en fin de compression, par double enveloppe avec circulation de gaz de l'échappement.

L'énergie correspondant au travail T sera alors forcément rendue par le gaz auxiliaire au gaz actif, et ce sous forme de chaleur. Le mécanisme est simple : le travail T est d'abord transformé en chaleur pendant la période de refoulement avec compression, puis à la cylindrée suivante en énergie cinétique dans le pulvérisateur, et celle-ci de nouveau en chaleur par décoordination. La transmission de chaleur au gaz actif se fait instantanément par mélange intime des deux gaz; il n'y a donc pas contradiction à la retenir comme élément essentiel de l'évolution tout en négligeant les échanges de chaleur à travers la paroi.

Dans le diagrame thermodynamique du gaz actif, l'arc d'adiabatique est remplacé par le parcours BM′E′, d'où résulte que le point de pression maxima du diagramme est relevé de F en F′, et l'adiabatique FG remplacée par l'adiabatique F′G′. Le cycle représentatif du travail exercé sur le gaz auxiliaire est corrélativement déformé de BCDM à BC′D′M′B avec la relation $\frac{M'C'}{NM'} = \frac{MC}{NM} = K$. La surface BC′D′M′B mesure indifféremment le travail T ou la chaleur équivalente Q rendue au gaz actif le long de BM′E′. C'est dans le parcours supplémentaire G′G qu'est évacuée la chaleur q mesurant l'énergie réellement dépensée pour la pulvérisation.

Il est facile de voir que q est plus petit que Q. Appelons S la chaleur qui correspond indifféremment aux parcours EE′ ou FF′. Les surfaces BMEE′M′B et GFF′G′G sont respectivement égales à $S - Q$ et à $S - q$; d'où $Q - q =$ surf. GFF′G′ — surf. BEE′. Or en négligeant les corrections dues à la variation des chaleurs spécifiques (comme, dans le cas du cycle réel, à la variation du degré de dissociation) on a $EE' = FF'$; la surface triangulaire inférieure est manifestement plus petite que la surface quadrangulaire supérieure, d'où $Q - q > O$ ou $q < Q$.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Commission internationale de Coopération intellectuelle. *Rapport sur la propriété scientifique*, par Marcel Plaisant.

2° DÉMOCRITE. *Doctrines philosophiques et réflexions morales*, traduites et précédées d'une Introduction par MAURICE SOLOVINE. (Présenté par M. G. Urbain.)

3° *Vie d'*ERNEST SOLVAY. (Présenté par M. J. Perrin.).

4° *Le Colonel* AIMÉ LAUSSEDAT. *Sa jeunesse. Le soldat. Le savant*, par GEORGES BRUEL. (Présenté par M. G. Perrier.)

5° GEORGES MOREAU. *Propriétés électriques et magnétiques des flammes.* Fascicule III du *Mémorial des Sciences physiques.* (Présenté par Ch. Fabry.)

6° LABORDE. *La nouvelle projection du Service géographique de Madagascar.* (Présenté par M. G. Perrier.)

7° LE PAGE. *Détermination de la longitude de Nossi-Bé en* 1926. (Présenté par M. G. Perrier.)

8° *A burgonyavész gombájának ökologiája* irta SCHILBERSZKY KÁROLY. (Présenté par M. J. Costantin.)

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur les lignes de courbure passant par un ombilic.* Note [1] de M. **DELLOUE**, présentée par M. E. Goursat.

En un ombilic, l'équation des lignes de courbure devient indéterminée et ne donne aucun renseignement sur les lignes de courbure qui passent par ce point. Cayley, puis MM. Picard et Darboux [2] ont montré que les lignes de courbure passant par un ombilic y sont tangentes à trois directions réelles ou imaginaires. Ces résultats supposent que la surface considérée (S) ait un contact d'ordre 2 avec sa sphère osculatrice (Σ).

Si, en un ombilic isolé, la surface (S) a un contact d'ordre $(n-1)$ avec la sphère osculatrice (Σ), les lignes de courbure qui passent par ce point y sont tangentes à n directions réelles ou imaginaires.

Plaçons l'origine des coordonnées rectangulaires à l'ombilic, en prenant pour plan des xy le plan tangent en ce point à la surface (S), et désignons par $\varphi_n(x, y)$ la partie principale de la distance d'un point M de (S) au point M′ de (Σ) qui a même projection $m(x, y)$ sur le plan xOy. Le

(1) Séance du 8 octobre 1928.

(2) CAYLEY, *Mathematical Papers*, 5, 1892, p. 115. — E. PICARD, *Cours d'Analyse*, 3, 1908, p. 231. — G. DARBOUX, *Comptes rendus*, 97, 1883, p. 1133, et *Théorie générale des Surfaces*, 4, Note VII.

faisceau des tangentes en O aux lignes de courbure a pour équation

$$(1) \qquad A_n(x, y) = x\frac{\partial\varphi_n}{\partial y} - y\frac{\partial\varphi_n}{\partial x} = 0.$$

I. Soit OT un rayon réel de ce faisceau n'appartenant pas au faisceau d'équation

$$(2) \qquad B_n(x, y) = 4xy\frac{\partial^2\varphi_n}{\partial x\,\partial y} - (x^2 - y^2)\left(\frac{\partial^2\varphi_n}{\partial x^2} - \frac{\partial^2\varphi_n}{\partial y^2}\right) = 0;$$

α, l'angle qu'il fait avec Ox; $A_n^{(p)}(\omega)$ la première dérivée de la fonction $A_n(\cos\omega, \sin\omega)$ non nulle pour $\omega = \alpha$.

1° Si p est impair et si $A_n^{(p)}(\omega)$ et $B_n(\cos\omega, \sin\omega)$ sont de même signe pour $\omega = \alpha$, il y a une ligne de courbure et une seule tangente en O à OT.

2° Dans tous les autres cas, il y en a une infinité.

Il y a toujours une direction réelle à laquelle n'est tangente qu'une seule ligne de courbure.

A toute direction réelle est tangente une ligne de courbure analytique (c) $\left[\text{sauf dans certains cas où } \left(\frac{(n-1)A'_n}{B_n}\right)_{\omega=\alpha} \text{ est un entier négatif}\right]$.

Si entre deux lignes (C) consécutives, il y a une infinité de lignes de courbure passant par l'ombilic, ces dernières y ont toutes même tangente.

II. Si OT appartient aux deux faisceaux d'équations (1) et (2), il n'y a, dans les cas les plus courants, qu'une seule ligne de courbure tangente à ce rayon en O.

III. Les conclusions précédentes supposent que $\varphi_n(x, y)$ n'est pas de la forme $\alpha(x^2+y^2)^m$ $(n = 2m)$. Dans ce cas, il passe par l'ombilic une infinité de lignes de courbure à tangentes distinctes.

L'équation (1) peut être interprétée géométriquement. La distance d de Oz à la normale en M à la surface (S) a pour expression

$$d = \frac{1}{2}\,\frac{\left|\left(y\frac{\partial\varphi_n}{\partial x} - x\frac{\partial\varphi_n}{\partial y}\right) + \ldots\right|}{\sqrt{x^2 + y^2 + \ldots}},$$

les termes écrits étant ceux de moindre degré. Pour un déplacement quelconque (x, y), cette distance est un infiniment petit d'ordre $(n-1)$ en général; il est d'ordre supérieur si le déplacement a lieu suivant une ligne de courbure.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Changement de variable dans les intégrales simples absolument convergentes.* Note (¹) de M. **Laurence Chisholm Young.**

1. Un théorème classique dit :

Soit $\varphi(t)$ une fonction absolument continue de t dans un intervalle et soient m, M ses bornes inférieure et supérieure dans cet intervalle ; soit enfin $f(x)$ une fonction mesurable bornée définie dans l'intervalle (m, M). On a

$$\text{(A)} \qquad \int_{\varphi(\alpha)}^{\varphi(\beta)} f(x)\,dx = \int_{\alpha}^{\beta} f\{\varphi(t)\}\,\varphi'(t)\,dt.$$

Nous allons généraliser ce théorème. Rappelons pour cela l'égalité

$$\text{(B)} \qquad \int_{\alpha}^{\beta} F(t)\,d\varphi(t) = \int_{\alpha}^{\beta} F(t)\,\varphi'(t)\,dt,$$

valable lorsque $\varphi(t)$ est absolument continue, et quelle que soit $F(t)$, pourvu que l'on sache que l'un des deux membres existe et a valeur finie.

Choisissons $F(t) = f\{\varphi(t)\}$. Il vient, grâce à (A),

$$\text{(C)} \qquad \int_{\varphi(\alpha)}^{\varphi(\beta)} f(x)\,dx = \int_{\alpha}^{\beta} f\{\varphi(t)\}\,d\varphi(t).$$

Réciproquement, grâce à (B), (A) se déduit de (C).

Dès lors, l'hypothèse de la continuité absolue de $\varphi(t)$ devient secondaire, l'équation (C), qui est bien plus simple que (A), ne la nécessite plus. Il suffit, nous le verrons, que $\varphi(t)$ soit continue et à variation bornée.

2. L'équation (C) est en effet susceptible d'une démonstration directe, dans laquelle n'entre pas la considération de nombres dérivés. Cette même démonstration nous conduit à une formule plus générale encore, permettant d'effectuer le changement de variable, par *simple substitution*, dans toute intégrale simple de Stieltjes.

Le théorème que nous obtenons est le suivant :

Si $g(x)$ est une fonction à variation bornée quelconque, et $\varphi(t)$ une fonction continue telle que $G(t) = g\{\varphi(t)\}$ soit encore à variation bornée, on a, pour

(¹) Séance du 15 octobre 1928.

tout intervalle (α, β) *tel que* $g(x)$ *soit continue en* $x=\varphi(\alpha)$ *et* $x=\varphi(\beta)$:

$$(\mathrm{D}) \qquad \int_{\alpha}^{\beta} f\{\varphi(t)\}\, dg\{\varphi(t)\} = \int_{\varphi(\alpha)}^{\varphi(\beta)} f(x)\, dg(x) \quad (^{1})$$

pourvu que les deux membres de cette égalité aient un sens.

3. Envisageons tout d'abord le cas particulier où l'intervalle (m, M) entre les bornes de $\varphi(t)$ dans (α, β) est la somme d'un nombre fini d'intervalles (c_i, c_{i+1}) à l'intérieur de chacun desquels $f(x)$ a une valeur constante. On peut évidemment supposer que $\varphi(\alpha)$ et $\varphi(\beta)$ figurent parmi ces valeurs. L'intervalle fermé (α, β) est la somme d'un nombre fini d'ensembles dans chacun desquels la fonction $\mathrm{F}(t)=f\{\varphi(t)\}$ a une valeur constante, ensembles ouverts des points où $\varphi(t)$ est intermédiaire à c_i, c_{i+1}, et ensembles fermés des points où $\varphi(t)=c_i$. En supposant $\varphi(\alpha) \leqq \varphi(\beta)$, on montre que la variation de $\mathrm{G}(t)=g\{\varphi(t)\}$ sur ces ensembles est égale pour les premiers (ensembles ouverts) à

$$0 \quad \text{pour } c_i < c_{i+1} \leqq \varphi(\alpha) \text{ ou } \varphi(\beta) \leqq c_i < c_{i+1},$$

$$\int_{c_i+0}^{c_{i+1}-0} dg(x) \quad \text{pour } \varphi(\alpha) < c_i < c_{i+1} < \varphi(\beta);$$

pour les seconds (ensembles fermés) à

$$0 \quad \text{pour } c_i \leqq \varphi(\alpha) \text{ ou } \varphi(\beta) \leqq c_i,$$

$$\int_{c_i-0}^{c_i+0} \quad \text{pour } \varphi(\alpha) \leqq c_i \leqq \varphi(\beta).$$

En multipliant les valeurs constantes correspondantes de $\mathrm{F}(t)$ et de $f(x)$, et, en additionnant, on obtient l'égalité voulue dans ce cas, et pour $\varphi(\alpha) \leqq \varphi(\beta)$. De même, ou en posant $t'=-t$, on le déduit pour $\varphi(\alpha) \geqq \varphi(\beta)$.

4. Le théorème étant ainsi établi dans le cas particulier envisagé, on obtient, par passages successifs à la limite, le théorème général pour toute fonction $f(x)$ capable d'une définition analytique ([2]).

([1]) Lorsque $g(x)$ n'est pas continue en $x=\varphi(\alpha)$ et $x=\varphi(\beta)$, la formule se complique légèrement par la présence, dans l'expression des limites d'intégration, de symboles $+0$ et -0.

([2]) Il suffit de noter que lorsque $f_n(x)$ décrit une suite monotone, il en est de même de $f_n\{\varphi(t)\}$. Nous pouvons donc appliquer la méthode des suites monotones, valable en vertu du théorème de l'intégration terme à terme.

5. Comme cas particulier du théorème précédent, nous avons la formule

$$\int_{\alpha}^{\beta} f\{\varphi(t)\}\,d\varphi(t)=\int_{\varphi(\alpha)}^{\varphi(\beta)} f(x)\,dx,$$

valable lorsque $f(x)$ est sommable et $\varphi(t)$ continue et *à variation bornée.*

Ceci suggère qu'il pourrait être commode d'utiliser le second membre comme *définissant* l'intégrale qui figure au premier membre dans le cas plus général où $\varphi(t)$ n'aurait plus nécessairement variation bornée.

Une définition analogue de l'intégrale

$$\int_{\alpha}^{\beta} f\{\varphi(t)\}\,dg\{\varphi(t)\}$$

exige préalablement un théorème d'unicité.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Théorèmes d'unicité des séries trigonométriques représentant des fonctions pseudo-périodiques.* Note de M. **Fr. Wolf**, présentée par M. Hadamard.

Étant donnée une série trigonométrique $\Sigma a_{\lambda_n} e^{i\lambda_n x}$, supposons :

1° $$\lim_{m\to\infty} \sum_{m<|\lambda_n|\leqq m+1} |a_{\lambda_n}|=0;$$

2° Que la série intégrée deux fois terme à terme $-\sum \frac{a_{\lambda_n}}{\lambda_n^2} e^{i\lambda_n x}$, qui converge uniformément sur tout l'axe réel vers une fonction quasi périodique $F(x)$, soit telle que, dans (a, b),

$$F(x)=\int^{x} dy \int^{y} f(z)\,dz,$$

où $f(z)$ est une fonction L-intégrable; alors

$$D_m \equiv \sum_{\lambda_n\leqq m} a_{\lambda_n} e^{i\lambda_n x} - \frac{1}{\pi}\int_{-\varepsilon}^{\varepsilon} f(x+2t)\,\frac{\sin 2mt}{t}\,dt$$

converge, pour $m\to\infty$, uniformément vers zéro dans $(a+\varepsilon,\ b-\varepsilon)$, où $\varepsilon>0$ est quelconque.

Si (a, b) est tout l'axe réel et $f(z)$ pseudo-périodique, la convergence D_m est uniforme sur cet axe. On montre alors facilement qu'on peut appliquer

terme à terme à la série $e^{i\Lambda x}\Sigma a_{\lambda_n} e^{i\lambda_n x}$ l'opération

$$\lim_{M \to \infty} \frac{1}{M} \int_0^M dM$$

et l'on trouve, dans ce cas, que la série donnée est la série de Fourier de la fonction $f(z)$.

Ce théorème peut aussi s'énoncer en disant que la série donnée est équiconvergente avec la série de Fourier (au sens classique) de $f(z)$, dans tout intervalle fini. Aussi toutes les propriétés des séries classiques qui se déduisent de leur mode de convergence y subsistent encore. Par exemple les théorèmes sur la sommabilité, sur l'intégration terme à terme, sur la formation de séries qui convergent partout, etc. Le théorème renferme comme cas particulier, un résultat très général de M. W. H. Young sur les séries appelées restricted Fourier's series.

Voici les généralisations des théorèmes de Riemann :

I. Si $\{\lambda_n\}$ est une suite convergeant vers l'infini, $\Sigma a_{\lambda_n} e^{2i\lambda_n x_0}$ convergeant vers la somme S et $-\sum \frac{a_{\lambda_n}}{\lambda_n^2} e^{2i\lambda_n x}$ convergeant dans le voisinage de x_0 vers une fonction continue $F(x)$, alors

$$\lim_{h \to 0} \frac{F(x_0 + h) + F(x_0 - h) - 2F(x_0)}{h^2} = S.$$

Si la condition 1° du théorème est remplie, alors la série $-\sum \frac{a_{\lambda_n}}{\lambda_n^2} e^{2i\lambda_n x}$ converge uniformément vers $F(x)$ et l'on a

$$\lim_{h \to 0} \frac{F(x_0 + h) + F(x_0 - h) - 2F(x_0)}{h} = 0.$$

En combinant les résultats, on obtient :

II. Si la série $\sum_0^\infty a_{\lambda_n} e^{2i\lambda_n x}$ converge dans (a, b) vers une fonction $f(x)$ intégrable et finie partout dans (a, b), sauf dans un ensemble dénombrable, et si 1° est rempli, le théorème I subsiste.

Si (a, b) est tout l'axe réel, et $f(x)$ pseudo-périodique, la série donnée est la série de Fourier de $f(x)$.

Comme nous ne possédons pas de théorème de convergence où l'équiconvergence de la série de Fourier d'une fonction pseudo-périodique avec la série classique soit démontrée, il serait désirable de savoir si les conditions du théorème I sont remplies dans le cas d'une série de Fourier. On montre

sans peine que la condition 2° est toujours vérifiée, mais il n'en est pas de même de la condition 1°. Il existe pourtant une classe importante de séries où 1° est nécessaire pour qu'elles soient séries de Fourier. C'est le cas où il y a un nombre l tel que chacun des intervalles $(nl, \overline{n+1\,l})$ ne renferme que des λ_n linéairement indépendants entre eux. Ainsi pour les séries de Fourier dont les λ_n ont cette indépendance linéaire partielle, les conséquences du théorème I subsistent pour tout l'axe réel. De telles suites de λ_n sont :

$$\{n\},\quad \{\sqrt[k]{n}\},\quad \{\log n\},\quad \{k^n\}\{k>1\},\quad \ldots .$$

Un théorème intéressant d'un autre genre est :

Si $\Sigma\, a_{\lambda_n} e^{2i\lambda_n x}$ (où $\lambda_n \to \infty$) *est la série de Fourier d'une fonction pseudo-périodique* $f(x)$, *et s'il y a cas d'équiconvergence, alors* $\sum \frac{a_{\lambda_n}}{\lambda_n^k} e^{2i\lambda_n x}$ *est la série de Fourier d'une fonction pseudo-périodique* $F(x)$, *où*

$$\frac{\pi}{\Gamma(1-k)}\,\frac{e^{-\frac{1}{2}\pi k}}{\sin \pi k}\cdot F(x) = \int_0^x (x-y)^{k-1} f(y)\,dy + \psi(x),$$

et $\psi(x)$ *est infiniment dérivable dans tout intervalle ne contenant pas l'origine.*

Ce théorème a d'intéressantes applications en le combinant avec les théorèmes de MM. Hardy et Littlewood concernant les intégrales à indices quelconques. Je signale ici un théorème, que je n'y ai pas trouvé, que ces intégrales sont des fonctions dites ponctuellement discontinues.

J'ai énoncé ici les théorèmes principaux d'un Mémoire qui paraîtra prochainement dans un autre Recueil.

HYDRODYNAMIQUE. — *Mouvement rotationnel des liquides non parfaits avec régime permanent.* Note de M. **Grialou**.

Avec les notations habituelles, les équations différentielles du mouvement sont :

$$(1)\quad -\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\mu}{\rho}\Delta u = \frac{du}{dt};\quad -\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\mu}{\rho}\Delta v = \frac{dv}{dt};\quad -\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial z} - g + \frac{\mu}{\rho}\Delta w = \frac{dw}{dt}.$$

On en déduit, avec $\Pi = \rho g$,

$$-\frac{1}{\rho}\frac{dp}{\Pi} - dz + \frac{\mu}{\Pi}(\Delta u\,dx + \Delta v\,dy + \Delta w\,dz) = d\frac{1}{2}\frac{V^2}{g}.$$

Posons $H = z + \frac{p}{\Pi} + \frac{V^2}{2g}$, on a

$$(2) \qquad dH = \frac{\mu}{\Pi}(\Delta u\, dx + \Delta v\, dy + \Delta w\, dz).$$

Cette quantité dH est celle dont baisse le plan de charge en suivant la trajectoire, pour un parcours ds de cette trajectoire; admettons qu'on puisse aussi écrire

$$(3) \qquad dH = -KV\,ds = -KV^2\,dt,$$

c'est-à-dire que la quantité $\frac{dH}{dt}$, dont baisse la charge H dans l'unité de temps, soit proportionnelle au carré de la vitesse; on aura

$$(4) \qquad \frac{dH}{dt} = \frac{\mu}{\Pi}(\Delta u . u + \Delta v . v + \Delta w . w) = -KV^2.$$

On satisfera à cette relation en posant

$$(5) \qquad \Delta u = -c^2 u, \qquad \Delta v = c^2 v, \qquad \Delta w = -c^2 w,$$

ce qui donnera

$$-\frac{\mu c^2}{\Pi}(u^2 + v^2 + w^2) = -\frac{\Pi c^2}{\Pi}V^2 = -KV^2; \qquad K = \frac{\mu c^2}{\Pi}.$$

Avec cette hypothèse, on aura

$$(6) \qquad \frac{\Delta u}{u} = \frac{\Delta v}{v} = \frac{\Delta w}{w} = -c^2,$$

c'est-à-dire que l'on aura, pour les trajectoires à double courbure, la même loi que celle qui a été démontrée pour les trajectoires planes parallèles à un même plan vertical.

Comme l'on a

$$u = V\alpha, \qquad v = V\beta, \qquad w = V\gamma,$$

la relation (4) donnera

$$\frac{\mu}{\Pi}(\Delta u . \alpha + \Delta v . \beta + \Delta w . \gamma) = -kV = -\frac{\mu c^2}{\Pi}V,$$

$$\alpha\,\Delta u + \beta\,\Delta v + c\,\Delta w = -c^2 V,$$

et avec (6),

$$\alpha u + \beta v + c w = V$$

ou encore

$$\alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2 = 1.$$

En fonction des composantes ξ, η, ζ du tourbillon, les équations du mouvement sont, comme on sait,

$$(7)\quad \left\{\begin{aligned} \frac{\mu}{\Pi}\Delta\xi &= \frac{d\xi}{dt} - \left(\xi\frac{\partial u}{\partial x} + \eta\frac{\partial u}{\partial y} + \zeta\frac{\partial u}{\partial z}\right),\\ \frac{\mu}{\Pi}\Delta\eta &= \frac{d\eta}{dt} - \left(\xi\frac{\partial v}{\partial x} + \eta\frac{\partial v}{\partial y} + \zeta\frac{\partial v}{\partial z}\right),\\ \frac{\mu}{\Pi}\Delta\zeta &= \frac{d\zeta}{dt} - \left(\xi\frac{\partial w}{\partial x} + \eta\frac{\partial w}{\partial y} + \zeta\frac{\partial w}{\partial z}\right). \end{aligned}\right.$$

Mais les relations (6) mises sous la forme

$$\Delta u = -c^2 u, \qquad \Delta v = -c^2 v, \qquad \Delta w = -c^2 w$$

donnent

$$\Delta\xi = -c^2\xi, \qquad \Delta\eta = -c^2\eta, \qquad \Delta\zeta = -c^2\zeta.$$

Il en résulte, avec $k = \frac{\mu c^2}{\Pi}$,

$$(8)\quad \left\{\begin{aligned} \frac{d\xi}{dt} &= -k\xi + \left(\xi\frac{\partial u}{\partial x} + \eta\frac{\partial u}{\partial y} + \zeta\frac{\partial u}{\partial z}\right),\\ \frac{d\eta}{dt} &= -k\eta + \left(\xi\frac{\partial v}{\partial x} + \eta\frac{\partial v}{\partial y} + \zeta\frac{\partial v}{\partial z}\right),\\ \frac{d\zeta}{dt} &= -k\zeta + \left(\xi\frac{\partial w}{\partial x} + \eta\frac{\partial w}{\partial y} + \zeta\frac{\partial w}{\partial z}\right). \end{aligned}\right.$$

Si le mouvement a lieu dans des plans verticaux parallèles à ZOX, on a

$$\xi = \zeta = v = 0, \qquad \frac{\partial u}{\partial y} = \frac{\partial v}{\partial y} = \frac{\partial w}{\partial y} = 0,$$

$$\frac{d\eta}{dt} = -k\eta, \qquad \frac{d\eta}{\eta} = -k\,dt,$$

$$\eta = \eta_0 e^{-kt},$$

relation montrant que η tend vers zéro pour t tendant vers l'infini.

AVIATION. — *Détermination des caractéristiques d'un avion en vol basée sur la consommation d'essence.* Note de M. **Mokrzycki**, présentée par M. Rateau.

Connaissant le poids d'un avion au départ, il est possible, par des mesures en vol, de déduire des coefficients numériques caractérisant certaines qualités de l'avion plus particulièrement avantageuses suivant sa destination. Pour cela, en outre des instruments de mesure habituels (ané-

mographe, barographe, thermographe, etc.), l'avion sera muni encore d'un enregistreur de la dépense de combustible. Le travail moteur sera déterminé par le poids de l'essence consommée rapporté à celui d'une essence standard dont le pouvoir calorifique serait $W_s = 10000$ cal/kg. De cette façon les coefficients en usage dans la littérature scientifique allemande (¹) seraient modifiés comme suit. Désignant par :

p_s poids de l'essence standard et de l'huile consommées dans l'unité de temps; $(p_s)_m$ poids moyen;
Q poids de l'avion au départ; Q_m poids moyen pendant le parcours L; Q_p poids au plafond;
V vitesse horizontale par rapport à l'air; V_m vitesse moyenne; w vitesse ascensionnelle;
C_x coefficient de résistance à l'avancement; C_y coefficient de portance;
η_0 rendement global de l'avion; $\frac{\delta}{g}$ densité de l'air;
S. surface portante; $\mathcal{J}$ équivalent mécanique de la calorie.

Le bilan d'énergie en vol horizontal est :

$$(1) \qquad \eta_0 . p_s . W_s . \mathcal{J} = C_x \frac{\delta}{2g} . S . V^3.$$

On en tire le coefficient de vitesse

$$(2) \qquad A_V = \frac{\eta_0}{Cx} = \frac{\delta}{2gW_s\mathcal{J}} . \frac{S}{p_s} . V^3.$$

Les valeurs de V, p_s, $\frac{\delta}{g}$ variant pendant le vol, il y a lieu de les remplacer par leurs valeurs moyennes obtenues par le planimétrage des diagrammes enregistrés.

Si l'angle de montée φ n'est pas trop considérable ($\cos\varphi \sim 1$), le bilan d'énergie pour la montée s'écrit

$$(3) \qquad \eta_0 . p_s . W_s . \mathcal{J} = \frac{Cx}{Cy} QV + Qw.$$

On peut en déduire le coefficient du parcours L pour $w = 0$:

$$(4) \qquad A_L = \eta_0 \frac{Cy}{Cx} = \frac{V_m}{W_s\mathcal{J}} . \frac{Q_m}{p_s} = \frac{1}{W_s\mathcal{J}} . \frac{Q_m}{p_s} . L.$$

(¹) EVERLING, *Vergleichsgrössen für Flugzeig' Statistik* (*Zeitschrift für Flugtechnik und Motorluftschiffahrt*, 1926, x, p. 202-207).

Pour ce vol horizontal, on a

$$Q = Cy \cdot \frac{\delta}{2g} \cdot S \cdot V^2, \tag{5}$$

qui avec (1) donne

$$\eta_0 \cdot p_s \cdot W_s \cdot \mathfrak{J} = \frac{Cx}{Cy^{1,5}} \cdot Q^{1,5} \cdot \frac{1}{\left(\frac{\delta}{2g}\right)^{0,5} \cdot S^{0,5}}. \tag{6}$$

Désignant par V_1 la vitesse qui correspondrait à $Cy = 1$, on tire pour le vol horizontal

$$\eta_0 \cdot p_s \cdot W_s \cdot \mathfrak{J} = \frac{Cx}{Cy^{1,5}} \cdot Q \cdot V_1 \tag{7}$$

puisque

$$\frac{Cx}{Cy} V = \frac{Cx}{Cy^{1,5}} V_1, \tag{8}$$

Dans le cas de montée à pleine admission, l'équation (7) n'est valable que pour le vol au plafond. On peut tirer de (7) un coefficient de montée, qui, avec (5), donne

$$A_z = \frac{\eta_0}{\frac{C_x}{C_y^{1,5}}} = \frac{V_1}{W_s \mathfrak{J}} \cdot \frac{Q_p}{(p_s)_m} = \frac{1}{W_s \mathfrak{J}} \sqrt{\frac{Q_p}{S}} \sqrt{\frac{2g}{\delta_p}} \cdot \frac{Q_p}{(p_s)_m}; \tag{9}$$

ici $(p_s)_m$ correspond à la consommation moyenne au plafond.

Au lieu de faire le parcours au plafond, on pourrait se contenter de mesures approximatives à une hauteur quelconque, mais en vol horizontal et à puissance minima.

Il est possible encore de déterminer certains autres coefficients comme, par exemple, celui du coût du transport utile

$$K_n = \frac{Q_u \cdot L}{p_s \cdot W_c \cdot \mathfrak{J}}, \tag{10}$$

où Q_u représente la charge utile.

La comparaison de ces coefficients pour différents types d'avions permettrait de choisir, pour une utilisation donnée, le type qui est susceptible de réaliser le coefficient optimum et elle guiderait les recherches des constructeurs.

ASTRONOMIE. — *De l'influence des équations personnelles sur la détermination de l'heure par la lunette méridienne, avec micromètre impersonnel.* Note de M. N. **Stoyko**, présentée par M. Bigourdan.

Dans les observations méridiennes de passages avec le micromètre impersonnel les erreurs personnelles principales sont : l'équation de mouvement et l'équation de bissection.

Nous admettons, comme à l'ordinaire, que toute erreur systématique de passages est proportionnelle à séc δ.

I. *Équation de mouvement.* — En employant les notations d'une Note précédente [1], nous avons

$$B_h + C = e \operatorname{séc} \delta_h + n \operatorname{tang} \delta_h, \qquad B_s + C = e \operatorname{séc} \delta_s + n \operatorname{tang} \delta_s,$$
$$B_i + C = e \operatorname{séc} \delta_i - n \operatorname{tang} \delta_i.$$

D'où

$$(1) \quad \begin{cases} n = \dfrac{B_s - B_h}{\operatorname{tang}\delta_s - \operatorname{tang}\delta_h} - e\,\dfrac{\operatorname{séc}\delta_s - \operatorname{séc}\delta_h}{\operatorname{tang}\delta_s - \operatorname{tang}\delta_h} = n_s - e\mathrm{S}, \\[2ex] n = \dfrac{B_h - B_i}{\operatorname{tang}\delta_i + \operatorname{tang}\delta_h} + e\,\dfrac{\operatorname{séc}\delta_i - \operatorname{séc}\delta_h}{\operatorname{tang}\delta_i + \operatorname{tang}\delta_h} = n_i + e\mathrm{I}. \end{cases}$$

La valeur approchée de S est 0,95 pour Paris et celle de I est 0,77. Des formules (1) nous tirons

$$(2) \quad n = n_m - 0,5(\mathrm{S} - \mathrm{I})e = n_m - 0,09e, \qquad (3) \quad n_s - n_i = (\mathrm{S} + \mathrm{I})e = +1,72e.$$

La correction qu'il faut appliquer à C_p est

$$-\frac{\Sigma \operatorname{séc}\delta_h}{m} e + \frac{\mathrm{S} - \mathrm{I}}{2}\left(\frac{\Sigma \operatorname{tang}\delta_h}{m} - \operatorname{tang}\varphi\right)e = -\frac{\Sigma \operatorname{séc}\delta_h}{m} e - 0,003\,e,$$

où m est le nombre d'étoiles horaires. En introduisant le terme correctif $x \operatorname{séc}\delta$, où

$$(4) \quad x = \frac{n_s - n_i}{\mathrm{S} + \mathrm{I}},$$

c'est-à-dire $x = e$, le C_p nouveau n'est pas entaché d'erreur systématique.

A l'équation personnelle de ce type s'ajoutent l'erreur de détermination du retard de la vis et celle qui provient ordinairement du réglage de la

(1) *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 413.

vitesse du moteur d'entraînement du fil mobile, quand on utilise un entraînement automatique approximatif.

Pendant les mois d'octobre et de novembre 1926 (1) j'ai constaté une différence systématique de $n_s - n_i = +0^s,052$ pour la lunette Bouty. Après introduction du terme en $x \operatorname{séc} \delta$ (4), la différence entre les C_p de deux lunettes Bouty et Prin, qui était de $+0^s,044$ en moyenne, est devenue de $+0^s,005$; autrement dit elle a presque disparu.

II. *Équation de bissection.* — Dans ce cas nous avons

$$B_h + C = e \operatorname{séc} \delta_h + n \operatorname{tang} \delta_h, \qquad B_{h'} + C = -e \operatorname{séc} \delta_{h'} + n \operatorname{tang} \delta_{h'},$$
$$B_s + C = -e \operatorname{séc} \delta_s + n \operatorname{tang} \delta_s, \qquad B_i + C = e \operatorname{séc} \delta_i - n \operatorname{tang} \delta_i,$$

où h et h' se rapportent aux étoiles horaires qui culminent respectivement au sud et au nord du zénith. En résolvant ces équations par rapport à n, nous avons

$$(5)\quad \begin{cases} n = \dfrac{1}{2}\left[\dfrac{B_s - B_h}{\operatorname{tang}\delta_s - \operatorname{tang}\delta_h} + \dfrac{B_s - B_{h'}}{\operatorname{tang}\delta_s - \operatorname{tang}\delta_{h'}}\right] \\ \qquad + \dfrac{e}{2}\left[\dfrac{\operatorname{séc}\delta_s + \operatorname{séc}\delta_h}{\operatorname{tang}\delta_s - \operatorname{tang}\delta_h} + \dfrac{\operatorname{séc}\delta_s - \operatorname{séc}\delta_{h'}}{\operatorname{tang}\delta_s - \operatorname{tang}\delta_{h'}}\right] = n_s + eS', \\ n = \dfrac{1}{2}\left[\dfrac{B_h - B_i}{\operatorname{tang}\delta_i + \operatorname{tang}\delta_h} + \dfrac{B_{h'} - B_i}{\operatorname{tang}\delta_i + \operatorname{tang}\delta_{h'}}\right] \\ \qquad + \dfrac{e}{2}\left[\dfrac{\operatorname{séc}\delta_i - \operatorname{séc}\delta_h}{\operatorname{tang}\delta_i + \operatorname{tang}\delta_h} + \dfrac{\operatorname{séc}\delta_i + \operatorname{séc}\delta_{h'}}{\operatorname{tang}\delta_i + \operatorname{tang}\delta_{h'}}\right] = n_i + eI'. \end{cases}$$

La valeur approchée de S' est 1,03 pour Paris et celle de I' est 0,98. Des formules (5) nous tirons

$$(6)\quad n = n_m + e, \qquad n_s - n_i = -(S' - I')e = -0,05e.$$

La correction qu'il faut appliquer au C_p est

$$(7)\quad [\Sigma(\operatorname{tang}\varphi - \operatorname{tang}\delta) - \Sigma \operatorname{séc}\delta_h + \Sigma \operatorname{séc}\delta_{h'}]\frac{e}{m}.$$

Pour que cette correction soit nulle, il faut et il suffit que

$$(8)\quad \Sigma(\operatorname{tang}\varphi - \operatorname{tang}\delta) = \Sigma \operatorname{séc}\delta_h - \Sigma \operatorname{séc}\delta_{h'},$$

condition qu'il est facile de remplir par le choix des étoiles horaires.

On peut déterminer la valeur de l'équation de bissection en observant une même étoile zénithale dans les deux positions de l'observateur : tête au

(1) N. Stoyko, *Sur un cas particulier de la détermination de l'heure par la lunette méridienne* (*Congrès des Sociétés savantes*, Paris, 1927, *Sciences*, p. 16).

Sud et tête au Nord

$$t = t'_0 + e \operatorname{séc}\delta = t''_0 - e \operatorname{séc}\delta, \qquad \text{d'où} \qquad (9) \qquad e = \frac{t''_0 - t'_0}{2 \operatorname{séc}\delta}.$$

Dans les observations qui ont donné lieu à la Note précitée sur l'équation d'éclairage, j'avais soupçonné l'existence d'une équation de bissection qui change de signe au zénith. Pour en bien constater l'existence et pour déterminer sa valeur, j'ai prié Mme Chandon (c) et M. Brisse (b) d'observer comme moi, à la lunette Prin, un certain nombre d'étoiles, chacune, dans le même passage, étant bissectée deux fois par les trois observateurs et en deux parties symétriques du champ. Le 10 juillet 1928 nous avons observé ainsi 11 étoiles communes, les unes culminant au Nord, les autres au Sud; et, par rapport à l'observateur moyen, j'ai obtenu

$$e_b = +0^s,028 \pm 0^s,007, \qquad e_c = -0^s,011 \pm 0^s,007, \qquad e_s = -0^s,017 \pm 0^s,010.$$

Pour vérifier ces conclusions, j'ai observé seul un certain nombre d'étoiles zénithales, chacune étant prise au Sud et au Nord; ainsi le 22 juillet 1928 j'ai réussi 240 pointés et trouvé, d'après la formule (9) : $e_s = -0^s,019 \pm 0^s,003$, en accord avec le résultat précédent.

On voit que, dans les observations de passages où l'on s'est servi du micromètre impersonnel, on peut facilement rendre le C_p indépendant des deux types d'équations qui viennent d'être considérées : Il suffit de combiner convenablement, soit les constantes (4), soit les étoiles (8).

PHYSIQUE GÉNÉRALE. — *Sur les passages provoqués dans la mécanique ondulatoire*. Note de M. **L. Goldstein**, présentée par M. M. de Broglie.

Représentons symboliquement par la relation

$$(\text{I}) \qquad \| m \| \rightleftharpoons \| n \|$$

tous les phénomènes provoqués possibles à l'intérieur du domaine d'existence d'un ensemble de systèmes partiels. Le phénomène continu du passage dans un sens (l'un ou l'autre) peut être décrit par une équation du type Schrödinger

$$(1) \qquad H_p \Psi(x, t) = ih \frac{\partial \Psi}{\partial t},$$

où H_p représente l'opérateur perturbé. Elle s'écrit explicitement dans le cas d'un système formé par $(Z+1)$ centres

$$(1') \qquad \sum_1^z {}_\lambda \left(\Delta_\lambda^2 - \frac{8\pi^2 m}{h^2} V^{(\lambda)}(x, t) - \frac{4\pi i m}{h} \frac{\partial}{\partial t} \right) \Psi(x, t) = 0,$$

où $V^{(\lambda)}$ représente l'énergie potentielle du λ^e système partiel pendant le passage. Nous savons d'autre part que l'atome libre peut être caractérisé par une équation de la forme (1) dont l'opérateur est libre. Si $\Psi_j(x)$ est une solution particulière de l'équation stationnaire

$$(2) \qquad \sum_{1}^{z}{}_{\lambda}\left[\Delta_{\lambda}^{2} + \frac{8\pi^2 m}{h^2}(W - V^{(\lambda)}(x)\right]\Psi(x) = 0$$

adjointe à celle-ci, on aura pour une solution particulière

$$(3) \qquad \Psi_j(x, t) = \Psi_j(x)\Phi_j(t).$$

Nous avons (¹) vu en outre que cette solution particulière de (2) pouvait s'écrire sous la forme

$$(3') \qquad \Psi_j(x) = \prod_{\lambda}^{z} u_j^{(\lambda)}(x),$$

les $u_j^{(\lambda)}$ étant des solutions particulières du système adjoint à (2). L'application de l'opération contenue en (3) donne

$$(3'') \qquad u_j^{(\lambda)}(x, t) = u_j^{(\lambda)}(x)\, e^{2\pi i \frac{W_j^{(\lambda)}}{h} t}.$$

les $W_j^{(\lambda)}$ étant les valeurs caractéristiques de la λ^e équation du système adjoint à (2) ou encore $\frac{W_j^{(\lambda)}}{h} = \nu_j^{(\lambda)}$ sont les fréquences caractéristiques du λ^e système partiel. Donc

$$(3\ bis) \qquad \Phi_j(t) = e^{2\pi i t \sum_{1}^{z}{}_{\lambda} \nu_j^{(\lambda)}}$$

qui conduit à attribuer à chacun des systèmes partiels (sans tenir compte de la dégénération) une infinité de fréquences caractéristiques et par conséquent la pseudo-matrice $\|\nu_j^{(\lambda)}\|$ au système total. Les phénomènes compris en (I) transforment dans la manière de voir de de Broglie-Schrödinger $\|\nu_{j_m}^{(\lambda)}\|$ en $\|\nu_{j_n}^{(\lambda)}\|$. Il est clair que (I) avec les passages spontanés

$$(\text{II}) \qquad \|n\| \rightrightarrows \|m\|$$

représente la transformation d'une certaine sorte d'énergie à l'aide d'un système intermédiaire qu'est l'atome. Si l'énergie ainsi transformée est égale

(¹) *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 442.

à $h\nu_{nm}$ on est amené à dire que ce n'est qu'un seul système partiel qui est perturbé directement, le λ^e par exemple. La pseudo-matrice $\| \nu_{jn}^{(\lambda)} \|$ aura donc les termes suivants dans sa λ^e ligne

$$\nu_{jn}^{(\lambda)} = \nu_{jm}^{(\lambda)} + \frac{W^{(\lambda)}}{h},$$

$W^{(\lambda)}$ étant l'énergie à transformer dans le passage considéré. Nous aurons alors pour la λ^e équation du système déduit de (1′) par une substitution analogue à (3′)

$$(1'') \qquad \left(\Delta_\lambda^2 - \frac{8\pi^2 m}{h^2} V^{(\lambda)}(x, t) - \frac{4\pi i m}{h} \frac{\partial}{\partial t}\right) u_j^{(\lambda)}(x, t) = 0.$$

Définissons à côté des amplitudes de probabilités de configuration *fonctionnelle* $\Psi_i(x)$ les amplitudes *constantes*. Pour cela multiplions la solution générale de (2) (*loc. cit.*)

$$(4) \qquad \Psi(x) = \Sigma_i A_i \Psi_i(x) = \Sigma_i A_i \prod_{\lambda}^{z} \Sigma_j a_{ij}^{(\lambda)} \psi_j(x)$$

par $A_u \Psi_u(x) dx$ et intégrons dans le domaine D des fonctions caractéristiques ; il vient

$$(5) \qquad A_u \int_D \Psi(x) \Psi_u(x) dx = \Sigma_i A_i A_u \prod_{\lambda}^{z} \Sigma_j a_{ij}^{(\lambda)} \Sigma_\nu a_{u\nu}^{(\lambda)} \int_D \psi_j(x) \psi_\nu(x) dx$$

ou finalement

$$(5') \qquad \int_D \Psi(x) \Psi_i(x) dx = \prod_{\lambda}^{z} \Sigma_{j\nu} A_i a_{ij}^{(\lambda)} a_{i\nu}^{(\lambda)} = B_i.$$

Pendant le passage nous aurons

$$(6) \qquad u_i^{(\lambda)}(x, t) = \Sigma_j a_{ij}^{(\lambda)}(t) \psi_j(x, t)$$

et si τ représente la durée du passage, les coefficients $a_{ij}(t) \to a_{ij}(\tau) = \text{const.}$ peuvent être considérés [1] comme les amplitudes de probabilités de passage $i \to j$. Nous en concluons que la structure (4) de $\Psi(x)$ est *doublement* statistique, car elle renferme en dehors des éléments de probabilités de *configuration* des éléments de probabilités de *passages*.

---

(1) M. BORN, *Zeitschrift für Physik*, 40, 1926, p. 167.

COLLOÏDES. — *Propriétés diélectriques et structure des colloïdes hydrophiles.* Note [1] de M. **Néda Marinesco**, présentée par M. Jean Perrin.

Quand on solidifie un liquide à dipôles permanents sa constante diélectrique tombe brusquement, ce qui s'explique par l'orientation forcée des dipôles qui ne peuvent plus suivre les inversions du champ extérieur [2]. La dissolution d'un électrolyte dans l'eau produit le même effet; les ions condensent et fixent un grand nombre des dipôles, ce qui se traduit par une chute dans le pouvoir inducteur de la solution [3].

On peut produire un blocage identique par adsorption.

Les colloïdes hydrophiles, en particulier, sont des corps qui se gonflent et retiennent une grande quantité d'eau, dont les dipôles ainsi adsorbés ayant leur orientation imposée se trouvent soustraits à l'influence d'un champ extérieur. Il est donc possible de déterminer l'eau fixée par un colloïde, d'après la chute du pouvoir inducteur en fonction de la concentration du sol. L'on suppose autant de trous dans l'eau qu'il y a des micelles par centimètre cube, et qu'on remplit avec la substance dissoute entourée d'une couche d'eau *diélectriquement saturée* (dipôles bloqués) [4]. Si la substance dissoute n'a pas des moments permanents et son pouvoir inducteur à l'état solide est plus petit que celui du solvant on a, en première approximation,

$$\varepsilon = \varepsilon_0 - \varphi_\varepsilon \varepsilon_0 + \varphi_s \varepsilon_s + (\varphi_\varepsilon - \varphi_s)\varepsilon_1, \tag{1}$$

ε, ε_0, ε_1, ε_s étant, respectivement, les constantes diélectriques de la solution, de l'eau liquide (dipôles libres), de l'eau solide (dipôles bloqués), de la substance solide; φ_s est le volume à l'état solide de la substance dissoute dans un centimètre cube de solution ou de sol. On peut ainsi déterminer le volume

$$\varphi_\varepsilon = \frac{\varepsilon_0 - \varepsilon + \varphi_s(\varepsilon_s - \varepsilon_1)}{\varepsilon_0 - \varepsilon_1}$$

qu'occupe l'ensemble rigide formé par les micelles plus l'eau adsorbée dans un centimètre cube de solution. La relation (1) se trouve en très bon accord avec les mesures de pouvoir inducteur spécifique des solutions de lévulose

---

[1] Séance du 15 octobre 1928.

[2] Errera, *Acad. Roy. Belgique*, 5, 1925, p. 154.

[3] Blüh, *Zeit. f. Physik*, 25, 1924, p. 220; *Physik. Zeit.*, 27, 1926, p. 295.

[4] Ces trous peuvent donc avoir n'importe quelle forme.

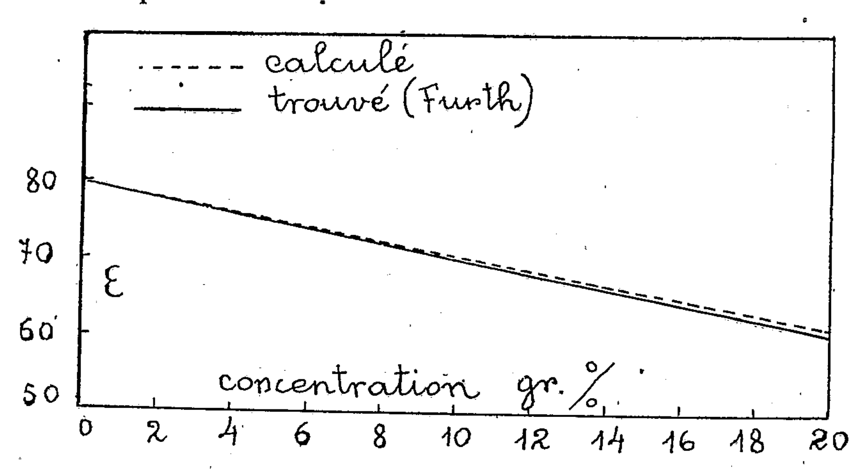
faites par Fürth [1], en tenant compte qu'on peut déterminer φ_ε dans le cas des vraies solutions, par des mesures de viscosité suivant la relation d'Einstein

$$\eta = \eta_0(1 + 2,5\varphi_\varepsilon). \tag{2}$$

D'après les valeurs de η et η_0 déterminées par Powell [2], on trouve qu'un gramme de lévulose occupe en solution $1^{cm^3},233$ tandis que le même gramme à l'état solide occupe $0^{cm^3},599$. On a encore

$$\varepsilon_0 = 80, \qquad \varepsilon_1 = 2 \qquad \text{et} \qquad \varepsilon_s = 2,2 \quad (^1).$$

Le diagramme représente la chute théorique et expérimentale de la constante diélectrique.



J'ai appliqué cette méthode à trois colloïdes hydrophiles : méthémoglobine, amidon soluble et gomme arabique, en utilisant une longueur d'onde de $6^m,50$ (mesures de ε par la résonance dans les circuits oscillants ; oscillations entretenues par des triodes). Les résultats sont donnés dans le tableau suivant :

Colloïde.	Volume de 1g solide (cm³).	ε_s.	Concentration (gr. %).	ε.	C.
Méthémoglobine	0,790	14,2	0,75	58,3	36,4
			1,0	51,3	36,1
			1,5	41,6	31,9
			1,75	36,2	31,4
			2,0	31,8	30,0

(1) *Ann. der Physik*, 70, 1923, p. 63.

(2) *Tables annuelles de constantes*, 4, 1re Partie, 1921, p. 75.

Colloïde.	Volume de 1g solide (cm^3).	εs.	Concentration (gr. %).	ε.	C.
Amidon soluble.......	0,625	10,9	0,5	76,2	9,2
			2	63,5	9,4
			3	58,5	8,6
			4	53,8	7,8
Gomme arabique.....	0,661	6,7	1,5	73,8	4,6
			2,0	71,6	4,7
			3,0	69,2	4,0

C représente le *nombre de centimètres cubes d'eau* diélectriquement saturé et *fixé par gramme de colloïde solide*. On voit ainsi que le milieu dispersant joue un rôle capital dans la structure de la micelle hydrophile, qui est constituée dans la plus grande partie par de l'eau comprimée par attraction diélectrique. Dans le cas du méthémoglobine, où l'on connaît le poids moléculaire moyen (69000, Svedberg), on trouve pour l'épaisseur de la périsphère d'eau 70.10^{-8} cm, tandis que le noyau de la micelle a un rayon égal à 27.10^{-8} cm.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur le champ interne de polarisation*. Note de M. **R. de Mallemann**, présentée par M. A. Cotton.

Dans une Note récente [1], j'ai indiqué une méthode générale de calcul du champ interne à partir des propriétés spécifiques des molécules du corps; quelle que soit la structure de celui-ci, le champ interne est essentiellement un effet d'*hétérogénéité;* il serait nul, pour un assemblage *parfaitement* régulier. Ce résultat contredit le raisonnement classique de Lorentz, basé sur la méthode des *cavités;* celle-ci introduit arbitrairement une discontinuité analytique dans la distribution du vecteur polarisation $\vec{p}$, sans quoi le champ interne serait nul dans un corps isotrope; le résultat connu repose entièrement sur cet artifice. On se heurte ainsi à des difficultés que le développement récent des théories moléculaires a mises en évidence. Le champ interne doit être calculé, soit directement (méthode moléculaire), soit par une méthode analytique valable pour les phénomènes *macroscopiques* (moyennes), sans mêler les deux points de vue en une sorte de compromis. La méthode des cavités est légitime « en gros », à condition de considérer

(1) *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 536.

le champ dans l'alvéole comme la *définition* même du champ interne; c'est le seul procédé logiquement admissible ([1]). La méthode de Lorentz, envisagée de cette manière, serait à l'abri des objections signalées.

Le résultat classique est néanmoins inexact ([2]); je l'ai montré par la méthode directe (moléculaire), mais on peut le montrer aussi par les méthodes analytiques *rigoureuses* de l'Électrostatique. Il suffit de chercher les potentiels satisfaisant à l'équation de Laplace et aux conditions à la surface. Je me limiterai aux corps *isotropes*, et, pour plus de généralité, je considère d'abord le cas d'une *sphère* diélectrique de pouvoir inducteur K', plongée dans un milieu *indéfini* de pouvoir inducteur K. Les solutions s'obtiennent facilement; on a

$$V = h R^3 \frac{\cos\theta}{r^2} \frac{K - K'}{2K + K'} + hr\cos\theta,$$

$$V' = h \frac{3K}{2K + K'} r\cos\theta$$

[h, champ imposé (extérieur); R, rayon de la sphère];

les conditions aux limites sont satisfaites :

$$\Delta V = 0, \qquad V_R = V'_R, \qquad \left(\frac{\partial V}{\partial \theta}\right)_R = \left(\frac{\partial V'}{\partial \theta}\right)_R, \qquad K\left(\frac{\partial V}{\partial r}\right)_R = K'\left(\frac{\partial V'}{\partial r}\right)_R.$$

Le champ h' dans la sphère est uniforme et égal à $\frac{3K}{2K + K'} h$. Il est plus grand que le champ imposé h, et de même sens, si $K > K'$; plus petit et de sens contraire, si $K < K'$. En particulier, pour une *cavité* (vide) ($K' = 1$), h' est égal à $\frac{3K}{2K + 1} h$, et non à $\frac{K + 2}{3} h$, qui est le résultat de Lorentz ([3]). La polarisation p du milieu $\left(\frac{K - 1}{4\pi} h\right)$ est uniforme loin de la cavité, mais, près de la surface, elle a une valeur plus *faible* p_s, *car l'existence de la cavité*

---

(1) C'est ce qu'on fait, par exemple, pour définir l'*induction*.

(2) Pour justifier, en *gros*, le facteur de Lorentz, il faudrait *définir* le champ interne autrement que par une cavité *sphérique*. On prendrait une cavité *plate*, comme pour l'induction, et on poserait que le champ interne en un point est, *par définition*, la *projection moyenne suivant le champ extérieur*, du champ dans la cavité, *pour toutes les orientations de celle-ci* : $h' = \overline{4\pi p \cos^2\theta} = \frac{4\pi}{3} p$. Cette définition correspondrait mieux (au sens macroscopique), à la vraie nature du champ interne, qui est essentiellement un *champ d'anisotropie*, comme le montre la méthode moléculaire.

(3) Inversement, en posant $K = 1$, on retrouve bien le résultat classique pour la sphère *pleine*.

modifie le parcours des lignes d'induction, qui tendent à la contourner. La valeur de Lorentz correspondrait à une polarisation *rigide*; or, la polarisation optique ou diélectrique est essentiellement *induite* ([1]). Le champ *total* dans la cavité n'est pas $h + \frac{4\pi}{3} p$, mais $h + \frac{4\pi}{3} p_s$ comme on le vérifie de suite; autrement dit, la densité de la couche efficace est $p_s \cos\theta$ et non $p \cos\theta$.

On obtient donc une nouvelle expression théorique du *pouvoir réfringent*, en remplaçant le facteur $\frac{K+2}{3}$ (Lorentz) ou $\frac{\sqrt{K}+1}{2}$ (Gladstone) par $\frac{3K}{2K+1}$. J'ai calculé les variations relatives $\frac{\Delta R}{R}$ des trois fonctions $\frac{K-1}{\varphi(K)}$ ainsi obtenues, pour diverses valeurs de l'indice n.

	$\frac{\Delta R}{R}$:			
n.	Laplace.	Texte.	Gladstone.	Lorentz.
1,30	1,45	1,30	1,28	1,18
1,41	1,00	0,90	0,87	0,75
1,50	0,80	0,72	0,67	0,56

La nouvelle formule se rapproche sensiblement de la relation empirique de Gladstone, dont le succès relatif est ainsi théoriquement expliqué. La variation $\frac{dn}{d\rho}$ doit toutefois être un peu faible ([2]), ce qui ne saurait surprendre, car les méthodes d'analyse *continue*, même rigoureuses au point de vue *macroscopique*, ne le sont plus par rapport aux effets moléculaires. Elles sont, *à la rigueur*, applicables aux fluides, en raison de l'homogénéité relative résultant du brassage des molécules, mais elles semblent inopérantes dans le cas des solides, comme le montre l'exemple de l'assemblage cubique. La méthode *directe* me paraît dans tous les cas beaucoup plus significative. Je ferai enfin remarquer que pour les constantes diélectriques, *a fortiori* quand celles-ci figurent au carré (effet Kerr), le nouveau facteur serait beaucoup plus faible que celui de Lorentz; or ceci semble précisément exigé par l'expérience.

([1]) Il serait contraire à la logique de passer ici à la limite, car le champ interne est bien indépendant du rayon de la sphère, mais il est seulement *défini* pour un volume fini; en posant $R = 0$, le problème serait indéterminé.

([2]) Elle serait cependant en très bon accord avec les résultats récents de MM. Bruhat et Pauthenier, relatifs à l'*électrostriction*.

FLUORESCENCE. — *Polarisation des radiations de résonance du zinc.* Note de M. **Paul Soleillet**, présentée par M. Jean Perrin.

La radiation de longueur d'onde $\lambda = 3076$ est pour l'atome de zinc la radiation de résonance ($1\,{}^1S_0 - 2\,{}^3P_1$) analogue à celle de longueur d'onde $\lambda = 2537$ pour le mercure et $\lambda = 3261$ pour le cadmium.

Il était à supposer que, comme ces dernières, elle posséderait, lors d'une émission par résonance de la vapeur métallique, une polarisation au moins partielle et que cette polarisation serait très sensible aux champs magnétiques faibles.

Les expériences ont été réalisées avec le dispositif déjà décrit [1] à propos de recherches analogues sur le cadmium. La lumière excitatrice n'est pas polarisée. L'observation se fait à angle droit du faisceau excitateur. On mesure la polarisation par rapport à des axes, l'un vertical, l'autre horizontal. Les résultats obtenus sont les suivants :

1° Le champ magnétique est dans la direction du faisceau excitateur. La polarisation est variable avec la tension de la vapeur, son maximum p_0 observé est

$$p_0 = 67 \text{ pour } 100.$$

Cette polarisation est sans doute celle qu'on observerait dans le cas d'une compensation parfaite du champ terrestre.

2° Le champ magnétique est dans la direction du faisceau observé. La polarisation p'_0 est nulle sauf quand on approche de la compensation des champs dans cette direction. Un champ d'environ $\frac{1}{1000}$ de gausz donne à la polarisation la valeur $p'_0 = \frac{1}{2}p_0$. Une compensation meilleure donne des valeurs qui se rapprochent de p_0. Ces résultats nous permettent, d'après la théorie d'Elridge, de calculer une valeur approximative de la durée de vie moyenne τ de l'atome à l'état excité. On trouve

$$\tau = 10^{-5}.$$

Mais comme avec le montage employé on se trouve tout à fait à la limite de précision de la compensation magnétique, la question se posait de savoir si la modification de la polarisation observée ne provenait pas simplement d'une modification de la direction du champ magnétique effectif. En effet, si

(1) *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 212.

la composante du champ magnétique perpendiculaire à la direction d'observation n'est pas strictement nulle, une variation continue de la composante suivant la direction de l'observation conduit au voisinage de la compensation à un minimum non nul du champ magnétique ainsi qu'à une variation rapide de sa direction. D'autre part, si la durée de vie de l'atome à l'état excité est assez grande, cette valeur minima du champ magnétique peut être suffisante pour une rotation de Larmor de plusieurs circonférences. Dans ce cas la valeur calculée pour τ ne serait qu'une limite inférieure de la valeur réelle.

On peut se rendre compte qu'il n'en est pas ainsi en observant aussi la rotation du plan de polarisation quand on fait varier la composante du champ magnétique suivant la direction de l'observation. L'hypothèse faite conduirait alors à une rotation, par rapport à la position initiale, dans le même sens pour deux positions du vecteur champ magnétique symétriques par rapport au plan perpendiculaire à la direction de l'observation. Ce n'est pas le cas et les rotations observées changent de sens quand la composante du champ suivant la direction d'observation passe par la valeur zéro. Ces rotations sont d'ailleurs dans le sens exigé par la théorie de Larmor. La valeur trouvée plus haut pour τ ne doit donc pas être beaucoup éloignée de sa vraie valeur.

Il est intéressant de comparer les valeurs de τ pour les divers métaux de la famille du zinc.

Hg.	$\lambda = 2537$	$\tau = 1,13$	10^{-7}	(Keussler) [1]
Cd................	$\lambda = 3261$	$\tau = 2$	10^{-6}	
Zn................	$\lambda = 3076$	$\tau = 1$	10^{-5}	

La stabilité de ces atomes à l'état excité croît donc quand le nombre atomique diminue et que l'édifice électronique se simplifie.

La valeur de τ pour le zinc est assez élevée pour pouvoir utiliser d'autres méthodes pour sa mesure. Je me propose d'utiliser celle du jet atomique afin de comparer les résultats.

J'ai également observé la polarisation de la lumière émise par la deuxième radiation de résonance du zinc de longueur d'onde $\lambda = 2139 (1\,^1S_0 - 2\,^1P_1)$. La difficulté est grande du fait de la faible sensibilité des plaques même huilées pour la radiation $\lambda = 2139$ comparativement à celle pour la radia-

(1) KEUSSLER, *Physikalische Zeitschrift*, 27, 1926, p. 313.

tion $\lambda = 3076$. On a observé dans le cas d'un champ dans la direction de la lumière excitatrice non polarisée, une polarisation supérieure de 50 pour 100 mais non totale.

RADIOACTIVITÉ. — *Recherches sur la radioactivité des vins.* Note (1) de MM. **A. Nodon** et **G. Cuvier**, présentée par M. Branly.

Des recherches antérieures avaient amené M. A. Nodon à conclure à la radioactivité des cellules végétales. De nouvelles recherches ont été faites dans le but de déterminer la radioactivité des substances alimentaires.

Les mesures furent faites avec l'électromètre Nodon (2), permettant d'obtenir avec toute la précision désirable la mesure des plus faibles radioactivités.

Une première série de recherches portant sur la radioactivité des vins donna les résultats suivants : les vins présentent une radioactivité variable suivant la nature des crus et les années de récolte. Cette radioactivité était comprise dans nos échantillons entre le $\frac{1}{10}$ et le $\frac{1}{100}$ de l'uranium.

Elle est du même ordre de grandeur que celle de certaines eaux thermales qui ont été étudiées pour la première fois par M. Nodon, de 1903 à 1908, dans la région pyrénéenne. Il existe des concordances remarquables dans les graphiques représentatifs de la radioactivité des vins, des quantités d'extrait sec, des qualités gustatives et toniques de ces vins. Les quantités d'alcool sont en général l'inverse des précédentes. L'aide technique de MM. Dangoumeau, ingénieur agricole, et Lherme, ingénieur œnologue, nous a été très utile dans ces recherches.

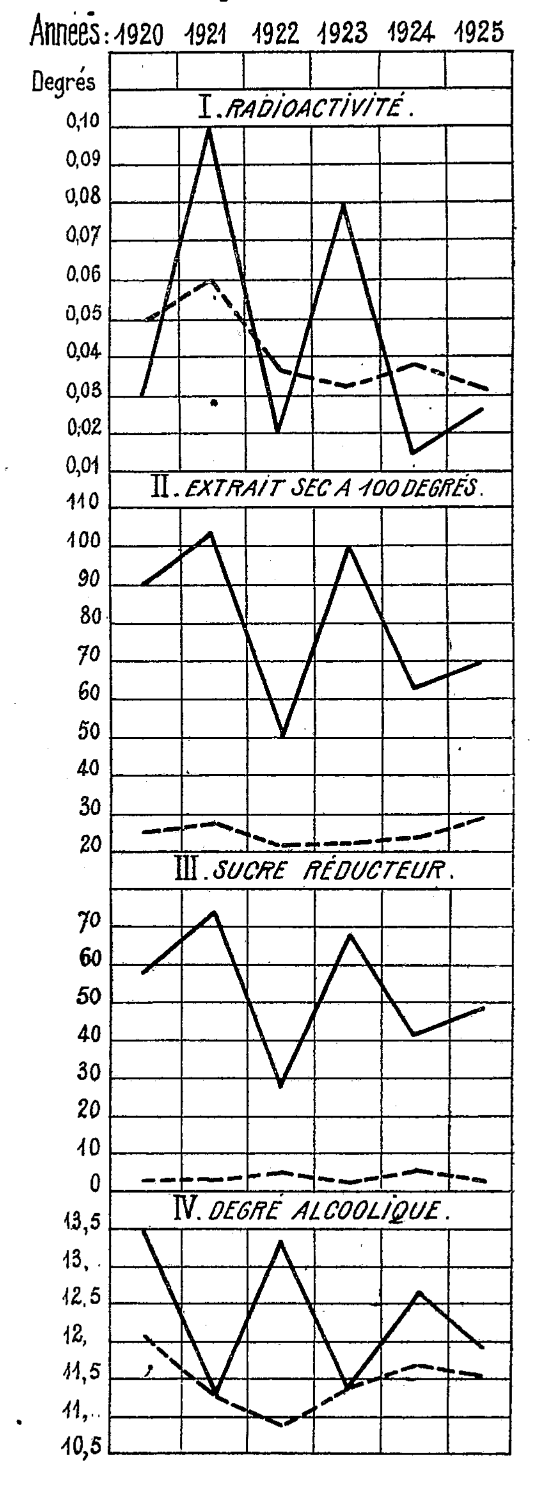
Les graphiques ci-joints donnent une idée de ces résultats. Les vins blancs étudiés présentent des différences annuelles beaucoup plus considérables que les vins rouges. Au point de vue de leur emploi thérapeutique, les vins rouges offrent plus de constance. Les vins blancs ayant le maximum de radioactivité peuvent déterminer des réactions plus rapides et accentuer les fonctions organiques. Il serait donc utile de joindre aux divers caractères classiques d'un vin la valeur de sa radioactivité.

Nous indiquons dans le tableau ci-joint la valeur de la radioactivité et de certains éléments normaux de nos échantillons de vin.

---

(1) Séance du 8 octobre 1928.

(2) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 457.


Vins blancs
Vins rouges
Années : 1920 1921 1922 1923 1924 1925
Degrés
I. RADIOACTIVITÉ.
0,10
0,09
0,08
0,07
0,06
0,05
0,04
0,03
0,02
0,01
II. EXTRAIT SEC A 100 DEGRÉS.
110
100
90
80
70
60
50
40
30
20
III. SUCRE RÉDUCTEUR.
70
60
50
40
30
20
10
0
IV. DEGRÉ ALCOOLIQUE.
13,5
13,
12,5
12,
11,5
11,
10,5

Vins blancs (Rions).

Années.....	1920.	1921.	1922.	1923.	1924.	1925.
Radioactivité en micro-curies...............	0,010	0,030	0,007	0,030	0,006	0,008
Extrait sec à 100.........	91,70	100,40	49,90	100,60	64,80	69,50
Sucre réducteur.........	59,50	73,50	26,30	69,40	40,90	45,40
Alcool en poids.........	110,40	91,20	107,20	91,20	100,80	96,00

Vins rouges (Moulis-Listrac).

Années.....	1920.	1921.	1922.	1923.	1924.	1925.
Radioactivité en micro-curies...............	0,017	0,020	0,015	0,019	0,015	0,014
Extrait sec à 100.........	24,00	25,00	23,00	21,00	20,60	24,50
Sucre réducteur.........	1,50	1,50	1,30	1,80	1,30	1,60
Alcool en poids.........	96,00	90,40	85,60	90,40	93,60	92,00

De nouvelles recherches sont faites pour déterminer la valeur relative de la radioactivité positive et de la radioactivité négative des vins, de façon à étudier l'influence de ces nouvelles données dans les diverses propriétés des vins, principalement au point de vue de leur emploi en médecine. D'autres recherches entreprises sur la radioactivité des froments, des farines et de diverses substances extractives du blé, feront l'objet d'une prochaine Communication.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Les associations moléculaires. Relations entre la tension de vapeur des mélanges liquides binaires et la polarité des molécules des constituants.* Note (1) de M. **J. Errera**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Les propriétés d'un mélange liquide binaire A B sont la conséquence de l'ensemble des forces qui s'exercent entre ses éléments consécutifs. On admet que ces forces sont d'origine électrique. Leurs effets peuvent être observés par de nombreux critères; nous parlerons des résultats caractéristiques obtenus par les mesures de tension de vapeur et de polarisation dans le domaine hertzien en montrant la cause des différences fondamentales entre ces deux méthodes. Ces forces électriques, en les classant par ordre d'importance, sont celles dues au champ des ions, celles des dipoles

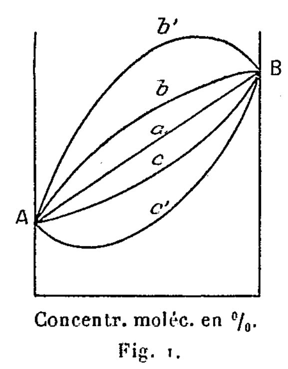
(1) Séance du 1er octobre 1928.

permanents des molécules polaires, et, lorsque les molécules sont non polaires, celles de van der Waals.

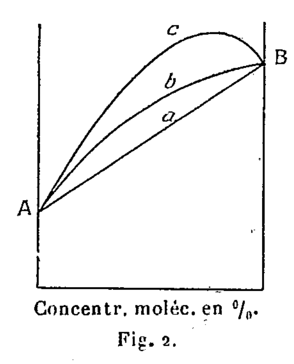
Ces forces peuvent avoir pour conséquence une association des éléments constitutifs, qui, comme nous allons le montrer, et c'est un des résultats de ce travail, peut être provoquée soit par les dipoles permanents, soit par les forces de van der Waals; de par ce fait, nous distinguons entre l'association dipolaire et l'association homopolaire, qui peuvent d'ailleurs exister simultanément, l'association homopolaire étant provoquée par des forces moins grandes que les forces dipolaires. La grandeur de la tension de vapeur permet de rendre compte de l'association totale, puisqu'elle est fonction du nombre de molécules libres. Les mesures de polarité par contre ne permettent de rendre compte que de l'association dipolaire, l'association homopolaire ne provoquant que des effets de second ordre. En effet, l'association moléculaire n'affecte que très peu la valeur de la polarisation électronique (P_E) même l'association des atomes pour former les molécules, qui est due à des forces plus grandes que celles qui provoquent les associations moléculaires, ne modifie que très peu les P_E des atomes constituants.

Au contraire, lorsque les molécules sont polaires, l'association des dipoles permanents, qui sont moléculaires et non atomiques comme les électrons provoquant la P_E, affecte profondément la valeur de la polarité due aux dipoles permanents qui est fonction du nombre de dipoles « libres ». C'est ce qui explique que les mesures de polarité permettent de mesurer quantitativement l'association dipolaire.

La figure 1 représente schématiquement les courbes de tension de vapeur



Concentr. moléc. en %.
Fig. 1.



Concentr. moléc. en %.
Fig. 2.

trouvées expérimentalement, la figure 2, les valeurs de polarité pour les cas de deux composants non polaires ou d'un composant polaire et d'un composant non polaire.

Lorsque les variations de la polarité ou de la tension de vapeur sont une ligne droite, on peut en conclure que les deux constituants sont normaux et non associés. Lorsque les courbes sont convexes, l'interprétation la plus rationnelle est celle qui correspond à la dilution d'un corps associé dans un corps non associé.

Nous allons, nous appuyant sur les considérations précédentes, interpréter le matériel expérimental existant, que nous allons grouper dans les trois catégories suivantes :

1° *Les molécules des milieux* A *et* B *sont non polaires*. La variation de la polarité est toujours soit une ligne droite, soit présentant une courbe très faible (*fig*. 2*a*) : sous l'influence du champ électrique, les mouvements des électrons des atomes sont modifiés; ces modifications ne sont pas affectées par les phénomènes d'association moléculaire qui sont pourtant responsables des légers écarts d'avec une ligne droite observée. L'allure des courbes de la tension de vapeur est différente. Ce sont soit des lignes droites, soit des courbes convexes sans ou même avec maximum (*fig*. 1 *a*, *b* et *b'*); en effet, sur ces mesures, l'association, quelle que soit son origine, joue un rôle et provoque cette convexité. Pour les cas qui rentrent dans cette catégorie, l'association ne peut être qu'homopolaire puisque les molécules sont non polaires;

2° *Les molécules* A *sont non polaires*, *celles de* B *polaires*. La polarisation est soit une ligne droite, soit une courbe convexe avec ou sans maximum (nous traiterons à un autre endroit la question de ces courbes aux faibles concentrations de B). La courbe des tensions de vapeur est soit une droite, soit une courbe, mais celle-ci est toujours convexe avec ou sans maximum (l'azéotropisme correspondant au maximum est toujours positif). Le parallélisme entre les deux méthodes de mesures apparaît, par le fait que l'association dipolaire est plus forte que l'association homopolaire;

3° *Les molécules de* A *et* B *sont polaires*. Lorsque la courbe des tensions de vapeur est concave avec ou sans minimum correspondant à un azéotropisme négatif (*fig*. 1 *c* et *c'*), les composants A et B sont toujours polaires ou partiellement ionisés. Dans ce cas, il se formerait des associations de dipoles ou d'ions entre eux qui auraient pour conséquence de diminuer le nombre de molécules libres. L'inverse n'est pas vrai, c'est-à-dire que lorsque deux composants sont polaires, la courbe des tensions de vapeur n'est pas obligatoirement concave, les dipoles pouvant ne pas s'associer.

Il ressort donc des deux règles suivantes : 1° lorsque l'azéotropisme est négatif ou la courbe des tensions de vapeur concave, les deux composants

sont toujours polaires ou partiellement ionisés; 2° lorsque les deux composants sont non polaires ou l'un des composants polaires et l'autre non polaire, la courbe des tensions de vapeur, si elle n'est pas une droite, ne peut être qu'une courbe convexe et l'azéotropisme, s'il existe, est positif. Nous comptons à un autre endroit rapprocher ces interprétations de celles de la théorie de Dolezalek.

Dans les mesures de la polarisation et de la tension de vapeur, l'élévation de température a un effet analogue : l'agitation thermique augmentant, les forces d'association diminuent : les courbes tendent à se rapprocher de la ligne droite.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation d'éthers sulfuriques neutres.* Note [1] de M. **R. Levaillant**, transmise par M. Urbain.

La méthode indiquée dans une Note récente [2] m'a fourni le sulfate neutre de *n*-propyle $SO^4(CH^2.CH^2.CH^3)^2$ et le sulfate neutre de β-chloréthyle $SO^4(CH^2.CH^2Cl)^2$ à partir des chorosulfonates correspondants que j'ai dû d'abord préparer.

I. *Chlorosulfonate et sulfate neutre de n-propyle.* — Le chlorosulfonate de *n*-propyle $SO^2\left\langle\begin{matrix}Cl\\O.CH^2.CH^2.CH^3\end{matrix}\right.$ se prépare facilement en faisant réagir l'alcool propylique normal et le chlorure de sulfuryle SO^2Cl^2 en proportions équimoléculaires. La technique à employer est en substance la même que pour les chorosulfonates d'éthyle (Bushong) ou de méthyle : faire tomber peu à peu l'alcool dans le SO^2Cl^2 refroidi par glace et sel et agité par courant d'air; laver au mélange d'eau et de glace, dessécher sur SO^4Na^2, puis distiller dans le vide au bain-marie. Le chlorosulfonate passe vers 65° sous 15mm ou 71°-73° sous 22mm; pendant la distillation le liquide mis en œuvre noircit progressivement; il finit par se décomposer avec dégagement gazeux. Le rendement est de l'ordre de 70 pour 100. Il y a intérêt à mener la distillation rapidement. Ne pas trop prolonger la dessiccation (pas plus d'une demi-journée à une journée), si elle a lieu à température ordinaire; au bout d'une huitaine de jours la distillation pourrait devenir à peu près impossible, à moins que le liquide n'ait été conservé dans une glacière. Le corps obtenu peut être redistillé totalement sans décomposition sensible sous 15 à 25mm.

Le chlorosulfonate de *n*-propyle est un liquide incolore et lacrymogène,

[1] Séance du 15 octobre 1928.

[2] R. Levaillant, *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 234.

soluble dans l'éther ordinaire et dans l'éther de pétrole. P. E. 71°-72° sous 22^{mm}, ou 44° environ sous 4^{mm}, 5. $n_D^{19°,5} = 1,4214$, $d^{0°} = 1,310$, $d^{17°,5} = 1,288$. Sa stabilité est bien inférieure à celle du chlorosulfonate d'éthyle; à la température ordinaire il se décompose peu à peu en brunissant, avec formation d'une résine noire. On évitera de le chauffer quelque temps au-dessus de 90°, sa décomposition pouvant alors devenir violente. Il se conserve au contraire parfaitement à 0°; j'en ai gardé ainsi plusieurs mois en tube scellé sans aucune altération.

L'action du nitrite de *n*-propyle sur ce chlorosulfonate conduit au sulfate neutre de *n*-propyle, obtenu par Nef en chauffant l'iodure de propyle avec du sulfate d'argent. Le chlorosulfonate étant placé dans un bain-marie porté vers 70°, on y introduit lentement du nitrite de propyle en très léger excès, en réglant l'addition de façon à maintenir le mélange vers 80°. Les gaz dégagés sont absorbés dans de la soude. Après refroidissement le liquide rouge-brun est agité avec de l'eau glacée, décanté, desséché sur SO^4Na^2, puis distillé sous pression inférieure à 10^{mm} si possible. Le sulfate dipropylique passe à 90°-94° sous 4^{mm}; on pousse la distillation jusqu'à décomposition trop marquée. Rendement 30 à 40 pour 100. Exemple :

On a employé 317^g (2 mol-g) de chlorosulfonate, et 180^g de nitrite (passé entre 50° et 54° sous 760^{mm}). On a récolté 120^g de sulfate dipropylique incolore passé entre 89° et 91° sous 3^{mm},5 ($n_D^{20°} = 1,414$ et $d^{0°} = 1,132$). Rendement 32 pour 100.

Le produit obtenu est entièrement redistillable sous quelques millimètres. Constantes du sulfate rectifié : P. E. 95° sous 5^{mm}, $n_D^{20°} = 1,4135$, $d^{0°} = 1,129$, $d^{17°} = 1,112$. C'est un liquide incolore à odeur agréable de poivre et d'anis.

Il est essentiel dans cette préparation de surveiller constamment la température du chlorosulfonate; au-dessus de 90° une décomposition explosive peut survenir; au-dessous de 60° du nitrite peut s'accumuler pour réagir ensuite trop vivement.

II. *Chlorosulfonate et sulfate neutre de β-chloréthyle.* — Le chlorosulfonate de β-chloréthyle $SO^2\langle^{Cl}_{O.CH^2.CH^2Cl}$ possède une stabilité presque comparable à celle du chlorosulfonate de méthyle. En cinq ans de séjour dans un flacon bouché à l'émeri, il n'éprouve qu'une faible altération. L'action de la monochlorhydrine du glycol $ClCH^2.CH^2OH$ sur SO^2Cl^2 l'engendre sans difficulté. Rendement supérieur à 70 pour 100. C'est un liquide incolore, lacrymogène, qui distille sans décomposition dans le vide. P. E. 101° sous 23^{mm}, $n_D^{18°,3} = 1,4587$, $d^{0°} = 1,580$, $d^{20°,5} = 1,552$ (Cl pour 100 théorique 39,61; trouvé 39,68).

J'ai d'autre part préparé du nitrite de β-chloréthyle $O=N-O-CH^2-CH^2Cl$ d'après Henry (action à 0° d'HCl dilué sur un mélange d'eau, de

$ClCH^2.CH^2OH$ et de NO^2Na). Le composé est un liquide jaune qui bout à 89°,5—90°. $n_D^{20°,25} = 1,4125$, $d^{0°} = 1,241$, $d^{20°,25} = 1,212$ (mesures prises presque immédiatement après la distillation). Mais ces propriétés physiques varient lentement, le nitrite subissant spontanément, à la température ordinaire, une transformation qu'on peut suivre en particulier par la variation d'indice, et sur laquelle je me propose de revenir. Cela explique sans doute pourquoi les constantes physiques que je donne ici diffèrent un peu de celles qu'indique le dictionnaire de Beilstein.

L'action de ce nitrite sur le chlorosulfonate correspondant produit du sulfate neutre de β-chloréthyle. Voici une expérience sur ce sujet :

165g de $SO^2\langle^{Cl}_{OC^2H^4Cl}$ ont été chauffés au bain-marie à 100°. On y a fait tomber goutte à goutte 110g de $ONOC^2H^4Cl$, de façon à régler la température du liquide à 105°-110°. Puis on a continué une heure le chauffage au bain-marie. Refroidissement, agitation avec de l'eau, décantation (163g d'huile jaune), dessiccation, filtration donnant 145g de liquide à distiller. Une tête importante est passée au-dessous de 130° sous 18mm; 83g de sulfate ont ensuite distillé à 160°-162° sous 17mm (bain extérieur vers 195°). Indice $n_D^{14°} = 1,464$, masse spécifique $d^{0°} = 1,505$. Rendement 40 pour 100.

Le sulfate neutre de β-chloréthyle pur est une huile incolore et inodore qui bout vers 130° sous 3mm,5 : $n_D^{20°} = 1,4620$, $d^{0°} = 1,504$, $d^{20°} = 1,481$ (Cl pour 100 théorique 31,79, trouvé 31,63). Chauffé avec une solution de KCl ou de NaCl, de préférence acidulée par HCl, il donne du chlorure d'éthylène $ClCH^2.CH^2Cl$. Très soluble dans l'éther ordinaire, il est presque insoluble dans l'éther de pétrole, semblable en cela au sulfate diméthylique. L'éther de pétrole dissout déjà mieux le sulfate diéthylique; le sulfate dipropylique y est très soluble.

III. — *Tableau des réfractions moléculaires* M_D *(pour la raie* D*).*

Les colonnes n_D et d contiennent l'indice et la masse spécifique (tous deux pris à $t°$) qui ont servi à établir M_D expérimentale.

Substance.	$t°$.	n_D.	d.	M_D exp.	M_D théorique.	
$SO^2\langle^{Cl}_{O.CH^2.CH^2.CH^3}$ ..	19,5	1,4214	1,2855	31,31	31,17	(1)
$SO^2\langle^{Cl}_{O.CH^2.CH^2Cl}$ ...	18,3	1,4587	1,555	31,45	31,42	(1)
$ONO.CH^2.CH^2Cl$	20	1,4125	1,212	22,50	22,57	(2)
$SO^4(CH^2.CH^2.CH^3)^2$....	20	1,4135	1,109	41,01	40,98	(3)
$SO^4(CH^2.CH^2Cl)^2$......	20	1,4620	1,481	41,39	41,48	(3)

Bases du calcul de M_D théorique : (1) M_D exp. = 21,94 pour $SO^2\langle^{Cl}_{OCH^3}$ ($n_D^{18°} = 1,4138$ et $d^{18°} = 1,4864$). — (2) M_D exp. = 16,99 pour le nitroéthane. — (3) M_D exp. = 31,75 pour $SO^4(C^2H^5)^2$ (Eisenlohr).

GÉOLOGIE. — *Sur l'âge des grès d'Ougarta (Sahara occidental).* Note de M. N. MENCHIKOFF.

Dans le nord du Sahara occidental, entre les oueds Saoura et Daoura, est située la région montagneuse d'Ougarta.

Dans cette région les terrains sont plissés suivant une direction voisine de NW-SE et forment une série d'anticlinaux et de synclinaux réguliers.

Les parties en relief, qui correspondent à des anticlinaux plus ou moins érodés, sont presque entièrement formées d'une puissante série de grès, dont certains bancs sont quartziteux et très durs. On n'y a pas encore trouvé de fossiles; mais, par analogie d'aspect avec les grès des régions plus méridionales, ils étaient considérés comme éodévoniens (¹). Dans les parties synclinales on connaissait au-dessus de ces grès des bancs calcaires pétris d'Orthocères, qu'on rapprochait des schistes de Wissenbach du Dévonien moyen. Plus récemment, le capitaine Rey a trouvé à Ougarta des schistes à graptolithes qu'il signale comme « renversés sur les quartzites éodévoniens » (²).

Au cours de mes voyages dans le Sahara occidental, en 1924-1925 et en 1928, j'ai pu, en traversant plusieurs fois les chaînes d'Ougarta, constater les faits suivants :

Les grès d'Ougarta ont une épaisseur de plus de 1000^m et reposent en concordance sur des coulés de rhyolites qu'on voit apparaître sur les axes érodés des anticlinaux. Ces grès supportent en parfaite concordance quelques mètres de schistes carburés à graptolithes, où l'on trouve, à côté des monograptidés un grand nombre de *Climacograptus*. L'abondance de ce fossile, associé aux monograptidés, indiquerait la base du Gothlandien. J'ai trouvé ces schistes reposant normalement sur les grès d'Ougarta, à Ougarta même, à el-Kseib et à Bou-Mehaoud. A Ougarta, au-dessus de ces couches, vient une puissante série de schistes dans laquelle sont intercalés des bancs calcaires à Orthocères, où j'ai trouvé en outre : *Cardiola interrupta* Sov. et des *Monograptus*. Ces schistes appartiennent donc au Gothlandien et non pas au Mésodévonien.

Quant aux grès d'Ougarta, nous avons vu que les schistes carburés de la

(¹) E.-F. GAUTIER, *Sahara algérien* (Paris, Collin, 1908).

(²) Capitaine REY, *Les territoires du Sud oranais et du Maroc sud-oriental.* (*Revue de Géographie*, 8, III, 1914, p. 9).

base du Gothlandien leur faisaient suite en parfaite concordance. Le passage d'un faciès à l'autre se fait même progressivement et ne permet pas de supposer une lacune entre les deux terrains.

Tout ceci nous oblige à considérer ces grès comme immédiatement antérieurs au Gothlandien. Comme d'autre part le Cambrien est inconnu au Sahara, il est probable que toute la masse des grès d'Ougarta représente l'Ordovicien.

GÉOLOGIE. — *Sur la prolongation en Italie des accidents pyrénéo-provençaux de l'est des Alpes-Maritimes.* Note de M. **A. Rivière**, présentée par M. Pierre Termier.

J'ai eu l'occasion de faire cet été quelques tournées en compagnie de M. Franchi dans la région du bassin de la Roya comprise entre San Dalmazzo et Fontan. Nous avons pu étudier le prolongement vers l'Est des accidents pyrénéo-provençaux que j'ai décrits dans leur partie française ([1]). Des courses récentes m'ont d'ailleurs permis d'ajouter quelques précisions à ce premier travail.

En territoire italien, une grande masse sénonienne, reconnue depuis longtemps, occupe la région où l'on devrait trouver la prolongation de ce régime. Vu de la rive italienne du ravin frontière de Croa, ce Sénonien se présente comme un véritable mur d'environ 1^{km} de haut couronné par une corniche de calcaires nummulitiques. Au sein de cette falaise disparaissent les accidents pyrénéo-provençaux décrits en territoire français. Ce phénomène est surtout net pour l'anticlinal couché de Larzé qui semble s'y poursuivre en profondeur. La terminaison à allure périclinale du pli de Saorge au flanc de la cime d'Anan correspond en fait à une disposition analogue; mais, à cette altitude, au voisinage de la crête de la falaise sénonienne, l'enfoncement sans ennoyage d'axe, ni diminution sensible d'amplitude est beaucoup moins frappant qu'à mi-hauteur.

Il semble en être de même pour l'ensemble des accidents pyrénéo-provençaux décrits en France et peut-être pour ceux qui, en Italie, m'ont paru devoir se rattacher au même régime. Vraisemblablement le tout se prolonge au sein de la masse sénonienne en conservant à peu près la même direction.

([1]) *Bull. des Serv. de la Carte Géol. de la France*, 32, 1927-1928, p. 12.

La barre de calcaire nummulitique qui surmonte le Sénonien ne présente que de faibles mouvements. Son calme relatif contraste absolument avec l'intensité des déplacements tangentiels dans le soubassement. Deux hypothèses me paraissent à retenir pour expliquer cette disposition : ou bien il y a une première phase orogénique pyrénéo-provençale avant le dépôt des calcaires nummulitiques, ce qui me paraît le plus vraisemblable et est en accord avec la discordance et le développement, parfois énorme, dans la région, des poudingues et des formations gréseuses à la base des calcaires nummulitiques; ou bien, l'énorme épaisseur des marnes sénoniennes aurait joué le rôle d'amortisseur, les mouvements importants qui s'accomplissaient en profondeur n'étant reflétés que par de faibles ondulations en surface.

A quelque distance vers l'Est, ce Nummulitique est recouvert en contact anormal par du *Flysch à helminthoïdes* qui, d'après les travaux de M. Franchi, serait, dans cette région, l'équivalent des nappes de l'Ubaye. Des klippes jalonnent ce contact. Comme on a été amené à l'admettre pour les klippes de l'Ubaye, il est assez vraisemblable qu'il s'agisse là de têtes d'anticlinaux rencontrés en profondeur et arasés par le passage de la nappe; mais ici, il est probable que ces anticlinaux doivent être rattachés au système pyrénéo-provençal que nous avons montré se prolonger au-dessous du Nummulitique autochtone, au milieu de la masse sénonienne.

Il est à signaler que, contrairement à l'Autochtone à peu près calme, le Flysch à helminthoïdes présente des replis très compliqués et dont la direction d'axe coïncide fréquemment avec celle des accidents pyrénéo-provençaux. Ces replis ont été signalés depuis longtemps par M. Franchi, mais jusqu'ici l'existence de mouvements intenses de même orientation au sein du soubassement n'avait pas été soupçonnée. Il est possible que, postérieurement au grand mouvement tangentiel alpin, des poussées posthumes, parallèles à celles qui avaient donné naissance aux accidents pyrénéo-provençaux, se soient manifestées; mais, cette fois, elles n'auraient guère agi que sur la couverture charriée et restée, jusque-là peut-être, d'allure relativement calme.

PHYSIOLOGIE. — *Protection contre les chocs anaphylactoïdes au moyen de l'hyposulfite de magnésium.* Note de M. **Auguste Lumière** et Mme **Malespine**, présentée par M. Roux.

L'un de nous a montré en 1920 que l'addition de $0^{cm^3},5$ d'une solution à 5 pour 100 d'hyposulfite de soude à la dose déchaînante de sérum de mouton supprimait le choc chez des cobayes préalablement sensibilisés pour cet antigène, alors que les témoins succombaient infailliblement à l'injection intra-cardiaque du même sérum additionné d'un égal volume de solution isotonique de chlorure de sodium [1].

Nous avons attribué tout d'abord cette action protectrice à la propriété que possède l'hyposulfite de dissoudre les floculats responsables des chocs mais, depuis lors, nous avons pu constater que le mécanisme de la protection n'était pas aussi simple, car cette substance exerce aussi son pouvoir empêchant, à un moindre degré, à l'égard des chocs provoqués par des précipités, tels que le sulfate de baryte, qu'elle est cependant incapable de dissoudre.

Nous référant alors aux effets sédatifs qu'exercent les sels magnésiens sur le système nerveux, nous avons eu l'idée de remplacer le sodium par le magnésium dans sa combinaison hyposulfitique et nous avons constaté effectivement que, dans ces conditions, le choc anaphylactoïde pouvait être complètement supprimé.

Partant d'une suspension de sulfate de baryte à grains très fins renfermant 235^{mg} de SO^4Ba par litre et tuant invariablement un cobaye de 350^g en deux minutes à la dose de $0^{cm^3},5$, nous avons réalisé de nombreuses expériences dans lesquelles le composé protecteur a été administré soit en même temps que le précipité déchaînant, soit aussitôt après, soit immédiatement avant lui.

Voici, à titre d'exemple, quelques-uns des résultats obtenus :

1° *Suspension barytique et hyposulfite magnésien injectés simultanément.* — Cobaye ♂, $P = 420^g$. Injection intra-cardiaque gauche d'un mélange de $0^{cm^3},5$ de S^2O^3Mg à 10 pour 100 et de $\frac{8}{10}$ de centimètre cube de SO^4Ba. Au cours de l'injection, l'animal paraît présenter de la raideur

[1] Auguste Lumière et J. Chevrotier, *Sur un procédé simple et inoffensif permettant d'éviter le choc anaphylactique.* (*Comptes rendus*, 171, 1920, p. 74).

musculaire, puis la résolution se produit presque aussitôt, sans qu'aucun autre symptôme survienne. La protection paraît complète. — Cobaye ♀, $P = 300^g$. Injection intra-cardiaque du même mélange. Des mouvements convulsifs se produisent, l'animal détaché présente de la parésie des membres antérieurs qui cesse au bout de quelque temps sans autre incident de choc.

Les mêmes doses de précipités barytiques exercent sur les animaux témoins de même poids une action quasi foudroyante qui les fait succomber en moins de deux minutes.

2° *Injection préalable d'hyposulfite de magnésium.* — Cobaye ♂, $P = 270^g$. Injection de $0^{cm^3},5$ de S^2O^3Mg à 10 pour 100 puis, aussitôt après, de $\frac{7}{10}$ de centimètre cube de SO^4Ba. Choc subaigu qui dure quelques secondes, puis l'animal se rétablit.

Cobaye ♂, $P = 310^g$. Même technique, mais emploi d'une solution de S^2O^3Mg à 4 pour 100 (1^{cm^3}). Convulsions cloniques violentes. Choc aigu. On pratique aussitôt une nouvelle injection d'hyposulfite ($0^{cm^3},5$ à 10 pour 100). Tous les symptômes cessent instantanément.

3° *Injection hyposulfitique aussitôt après l'injection barytique.* — Cobaye ♂ $P = 375^g$ Introduction de $\frac{7}{10}$ de centimètre cube de SO^4Ba dans le cœur gauche puis, sans retirer l'aiguille, $0^{cm^3},5$ de S^2O^3Mg à 5 pour 100. Choc subaigu, paralysie. L'animal ne paraissant pas se rétablir, on injecte de nouveau $0^{cm^3},5$ de la même solution. Tous les accidents de choc disparaissent aussitôt.

Des expériences analogues ont été instituées en utilisant l'encre de Chine R. A. L., pour usages bactériologiques, qui provoque des chocs violents entraînant la mort en 3 minutes à la dose de 1^{cm^3}. Les mêmes effets de protection ont été enregistrés.

L'encre de Chine ordinaire ne peut être employée parce qu'elle précipite en gros flocons par les sels magnésiens.

Cette expérimentation démontre que l'hyposulfite de magnésium peut préserver complètement des chocs anaphylactoïdes lorsqu'il est mélangé à la dose déchaînante.

La protection est moins efficace quand la solution magnésienne est injectée immédiatement avant le précipité.

Les accidents anaphylactoïdes étant déclenchés, il est encore possible de les faire cesser, à la condition de faire agir l'hyposulfite de magnésium d'une manière suffisamment précoce.

HISTOPHYSIOLOGIE. — *Sur les variations de rétraction thermique montrées par les diverses régions du cartilage d'ossification.* Note de M. A. **Policard**, présentée par M. F. Mesnil.

On sait que les tissus de substance conjonctive se rétractent quand on les chauffe. Ce raccourcissement thermique, signalé par Rollett en 1870 (1), a fait l'objet des recherches de Hermann (2), Engelmann (3), Halliburton et Biondi (4), A. Ewald (5), Bottazzi (6).

Le mécanisme exact de cette rétraction est mal connu encore, mais on peut admettre qu'il est lié à la structure intime des fibrilles collagènes. Dans un organe complexe, renfermant diverses variétés de tissu conjonctif, la rétraction thermique variera pour chacune et son étude pourra fournir sur elles des renseignements intéressants. J'ai tenté d'appliquer ce moyen d'investigation à l'étude du cartilage d'ossification.

Quand on chauffe une coupe fraîche de cartilage d'accroissement (nouveau-né ou cobaye), montée dans l'eau et placée sur une platine chauffante électrique, on note que les diverses parties de cet organe montrent le phénomène du raccourcissement thermique à des températures et sous des aspects variables pour chacune d'elles.

Vers 50-55°, on constate la rupture des cloisons de substance fondamentale qui séparent les cellules du cartilage hypertrophié. A 70-75° environ, les travées cartilagineuses (travées directrices), qui séparent les groupes de cellules hypertrophiées, subissent une rétraction notable dans leur épaisseur, mais aucune rétraction dans leur longueur. Elles s'amincissent, mais ne raccourcissent pas, même à des températures plus élevées.

---

(1) A. Rollett, *The connective tissue* (*Manual of human and comparative Histology* de Stricker, 1, 1870, p. 73).

(2) L. Hermann, *Ein Versuch über die sog. Sehnenverkürzung* (*Pflüger's Arch.*, 7, 1874, p. 417).

(3) Th. W. Engelmann, *Bemerkungen zur Theorie der Sehnen-und Muskelverkurzung* (*Pflüger's Arch.*, 8, 1874, p. 95).

(4) Halliburton et Brodie, *Heat contraction in nerve* (*Journ. of Physiology*, 31, 1904, p. 473).

(5) A. Ewald, *Beitr. zur Kenntniss der Collagens* (*Zeit. f. phys. Chemie*, 115, 1919, p. 115).

(6) Bottazzi, *Azione della Temperatura sui Tendini e su altra Strutture collagene* (*Arch. d. Scien. biolog.*, 3, 1922, p 313).

A peu près à la même température de 70-75°, les lamelles osseuses montrent une contraction générale. Vers 85-90°, une sorte de crispation survient brusquement dans le cartilage hyalin ordinaire. Cette crispation se fait d'une façon égale dans tous les sens.

Au point de vue de l'histophysiologie du cartilage d'ossification, deux points peuvent être retenus.

La rupture, à une température relativement basse, des cloisons transversales séparant les cellules cartilagineuses hypertrophiées parle en faveur de l'hypothèse (1) qui explique l'ouverture des cavités de ces cellules hypertrophiées plutôt par une déchirure suivie de rétraction que par une chondrolyse progressive.

On doit aussi retenir l'absence de rétraction longitudinale au niveau des travées directrices, qui sont cependant capables de rétraction transversale. Le fait s'accorde mal avec la présence de la trame collagène à orientation longitudinale que renferment ces travées. Celles-ci ne présentent pas non plus la crispation générale offerte vers 85-90° par le cartilage ordinaire. Il ne semble pas que cette différence puisse être rapportée à l'infiltration calcaire de ces travées directrices, car on l'observe aussi dans leur partie supérieure en des points non calcifiés. D'autre part, les lamelles osseuses, très riches en calcaire, montrent une certaine rétraction.

Notre ignorance des mécanismes de la rétraction thermique ne permet pas de tirer de ces constatations des conclusions plus précises. Mais on peut penser cependant qu'il y a là un moyen d'étude intéressant de l'organe de l'ossification.

A 15h35m, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h15m.

A. Lx.

---

(1) Policard, *Quelques mécanismes élémentaires de l'ossification enchondrale* (*Bulletin d'Histologie appliquée*, 5, 1928, p. 153).

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances d'août 1928.

Suite des contributions à la Thermobiologie des plantes, par Pierre Lesage (extrait des *Comptes rendus de l'Académie d'agriculture de France*); 1 fasc. $21^{cm},5$.

Le régime économique des Incas, par Victor-Adolphe Bonthoux. Paris, Marcel Giard, 1927; 1 fasc. $22^{cm},5$.

Jac. Berzelius. Lettres publiées au nom de l'Académie royale des sciences de Suède, par H. G. Söderbaum. XI. *Correspondance entre Berzelius et Nils Nordenskiöld* (1817-1847) avec un résumé français. Uppsala, Almquist et Wiksells, 1927; 1 vol. 23^{cm}.

Les prix Nobel en 1926. Stockholm, Imprimerie royale, 1927; 1 vol. 25^{cm}.

Concorsi a premio del R. Istituto veneto di scienze, lettere ed arti proclamati nell'adunanza solenne de 24 *guigno* 1928. Venezia, Carlo Ferrari, 1928; 1 fasc. $23^{cm},5$.

Suitability of the various types of bridges for the different conditions encountered at crossings, par J. A. L. Waddell, 1927; 1 fasc. $23^{cm},5$.

A Luigi Bianchi, nel trigesimo della sua morte, la Scuola normale superiore. Pisa, Arti grafiche pacini-mariotti, 1928; 1 vol. $26^{cm},5$.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 29 OCTOBRE 1928.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE HAMY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur le rôle des atmosphères dans les occultations d'astres ayant un diamètre apparent sensible.* Note de M. **CH. FABRY**.

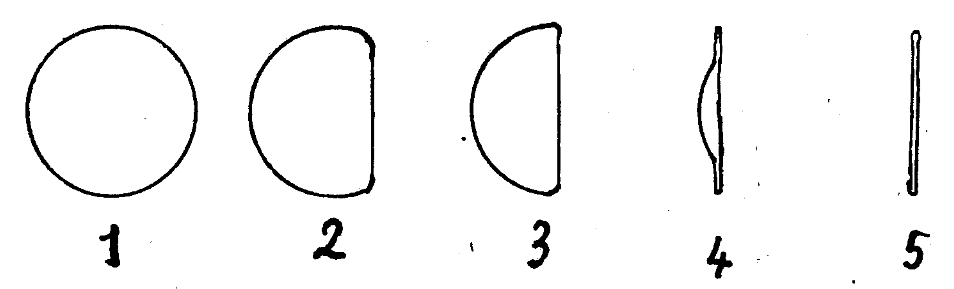
La théorie de l'affaiblissement par réfraction (¹) ne s'applique directement qu'à un astre sans diamètre apparent sensible. Pour étendre cette théorie au cas où l'astre occulté a un diamètre apparent, il faut appliquer les formules aux divers éléments du disque pour en déduire l'aspect de l'image à travers l'atmosphère. Le résultat est que la *brillance* de l'astre occulté n'est pas changée par la réfraction. Ce résultat n'est d'ailleurs qu'un cas particulier d'un théorème très général, et bien connu en photométrie. S'il y a diminution de brillance, elle ne peut être attribuée qu'à l'absorption, et dans aucun cas on ne peut avoir augmentation de brillance.

Supposant l'absorption négligeable, le problème se réduit à trouver la forme du contour apparent de l'astre occulté; la question est immédiatement résolue par nos formules. Lors de l'immersion, la surface apparente de l'astre occulté va en diminuant et tend vers zéro.

Ces phénomènes peuvent se produire dans les occultations d'une planète par une autre, phénomène d'ailleurs extrêmement rare, ainsi que dans les passages de Mercure et de Vénus sur le Soleil. Un cas beaucoup plus fréquent, presque quotidien, est le passage d'un satellite de Jupiter derrière la planète; on a alors un très petit disque (diamètre apparent environ 1″,7 pour le troisième satellite) occulté par une planète de diamètre apparent

(¹) Voir *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 627 et 693.

beaucoup plus grand (environ 40″). La figure 1 donne les aspects successifs que doit prendre le disque du satellite. Les aspects 2 et 3 sont sensiblement les mêmes que si la planète était sans atmosphère; mais lorsque le satellite est plus qu'à moitié occulté, on obtient l'aspect 4, dans lequel



subsiste une mince bande ayant comme hauteur le diamètre initial du satellite. Puis vient l'aspect 5, dans lequel le satellite est réduit à une mince bande ayant toujours la même hauteur, mais une épaisseur très faible et rapidement décroissante.

Toutefois, ces portions rétrécies ont une largeur apparente extrêmement petite, et se trouvent en contact avec le disque de la planète; il est douteux que leur observation soit possible.

Une occultation des satellites de Jupiter par Mars donnerait des aspects analogues, mais beaucoup plus facilement observables; une telle occultation est malheureusement très rare.

GÉOGRAPHIE. — *Sur les travaux exécutés par le Service géographique en* 1926 *et* 1927. Note de M. **R. Bourgeois.**

Dans le *Rapport* qu'il vient de faire paraître sur *les travaux exécutés au cours des deux années* 1926 *et* 1927 (¹), le Service géographique de l'Armée expose le développement continu de son activité dans le cadre des grands programmes d'opérations qui avaient été arrêtés en 1919 et 1920.

En France, la nouvelle triangulation a été poursuivie activement dans le Nord et le Nord-Est afin de servir de base aux levés à grande échelle de ces régions frontières.

Sur une carte d'ensemble annexée à la brochure, on constatera que, à l'exception du parallèle de Bourges qui a simplement fait l'objet d'une

(¹) Ouvrage de 197 pages et 24 planches hors texte.

reconnaissance complète, toutes les grandes chaînes primordiales dont l'exécution était envisagée à l'est de la Méridienne de France se trouvent actuellement terminées et les calculs sont en cours.

L'incorporation du réseau d'Alsace et de Lorraine dans le réseau général est en voie de réalisation; cette opération a nécessité des travaux de rattachement qui ont été précisément l'objet d'une mission en 1928.

La géodésie de détail progresse parallèlement; elle forme déjà trois grandes masses; l'Ile-de-France et la Picardie sont triangulées, ainsi que la Franche-Comté en entier, enfin la région des Alpes du Lac de Genève à Nice. Ici le Service géographique, d'accord avec M. Paul Helbronner, va utiliser en grande partie les importants travaux géodésiques que notre confrère a menés à bonne fin dans ce massif montagneux.

La triangulation du Maroc se poursuit également; malgré les événements du Rif, le parallèle de Meknès a pu être prolongé jusqu'à son raccordement avec la grande chaîne qui longe la côte algéro-tunisienne jusqu'à Tunis. Comme, vers l'Ouest, le parallèle se continue par Casablanca et Marrakech, une suite non interrompue de triangles de plus de 1800^{km} de long se trouve ainsi établie dans notre Afrique du Nord.

Au Levant, le réseau de premier ordre est déjà très développé, du moins si l'on n'envisage que la partie montagneuse en bordure du littoral, la partie désertique offrant moins d'intérêt.

En particulier, la chaîne méridienne de Beyrouth, entre les frontières de Palestine et de Turquie, est complètement au point.

Les levés topographiques réguliers ont été menés au Maroc, au Levant et en Tunisie dans les conditions habituelles.

En Algérie, les efforts des topographes ont porté principalement sur les régions sahariennes; la carte d'une notable partie de l'Extrême-Sud a été dressée en appliquant le procédé rapide pour lequel suffit un canevas obtenu uniquement par des observations astronomiques. Abstraction faite de quelques lacunes, les levés atteignent déjà la ligne Adrar, Hassi-Inifel, Fort Lallemand.

Les régions sud-tunisiennes ont été levées dans la même période, de sorte que la Régence est actuellement en possession d'une carte qui s'étend à tout son territoire.

84 officiers et 62 sous-officiers ont pris part aux campagnes topographiques, soit en France, en été, ou hors de France, en automne, printemps et hiver.

Le Rapport fournit enfin des précisions nouvelles sur le stéréotopographe

imaginé par M. Poivilliers pour l'exploitation des photographies terrestres ou aériennes, en utilisant l'effet stéréoscopique, qui vient d'être construit par la Société d'Optique et de Mécanique de précision. Le réglage technique de cet appareil est terminé; le Service géographique s'occupe en ce moment même des essais proprement dits.

MAGNÉTISME. — *Sur les moments atomiques.* Note (¹) de MM. **Pierre Weiss** et **G. Foëx**.

Les théories relatives aux moments atomiques sont à l'ordre du jour. Elles ont pour objet soit de mettre en rapport les moments déduits des mesures magnétiques avec les principes de dynamique atomique et les modèles électroniques de l'atome, soit de les comparer avec les moments qui proviennent d'autres sources, notamment de l'analyse spectrale ou encore d'étudier les répercussions de la liaison chimique, polaire ou complexe, sur le moment atomique.

Pour contrôler ces tentatives, des données numériques précises sont nécessaires. Nous avons pensé qu'il y avait intérêt à réunir quelques valeurs particulièrement sûres.

Le moment du fer et celui du nickel au zéro absolu que nous donnons plus loin proviennent de la mesure de la saturation aux basses températures. Un nombre beaucoup plus considérable de moments ont été déduits de l'aimantation des paramagnétiques au moyen de la formule de Langevin reposant sur la mécanique classique. Ce mode de calcul s'impose pour des raisons déduites de la discussion des résultats ainsi obtenus (²). La nouvelle mécanique ondulatoire y conduit également (³). Nous avons dû écarter de nombreuses déterminations, soit qu'elles ne paraissent pas avoir été faites avec un souci suffisant de la pureté chimique ou de l'exactitude en valeur absolue, soit surtout que la validité de la loi de Curie ait été admise sans vérification. On sait en effet que non seulement les sels solides, mais même les solutions (⁴) étendues (⁵) obéissent, non à la loi de Curie $\chi T = C$ (χ = coefficient d'aimantation, T = temp. absolue, C = constante de Curie), mais à la loi plus générale $\chi(T - \Theta) = C$ où Θ est le Point de

(¹) Séance du 22 octobre 1928.
(²) P. Weiss et R. Forrer, *Comptes rendus*, **186**, 1928, p. 821.
(³) Van Vleck, *Phys. Rev.*, **29**, 1927, p. 727; **30**, 1927, p. 31; **31**, 1928, p. 587.
(⁴) G. Foëx, *Ann. de Phys.*, **16**, 1921, p. 174.
(⁵) Cabrera et Dupérier, *J. de Phys.*, 6e série, **6**, 1925, p. 121.

Curie. On n'obtient donc la Constante de Curie, et par conséquent le moment atomique, que par l'étude de la variation thermique.

Les valeurs ci-dessous sont exprimées au moyen de la nouvelle valeur du magnéton expérimental : 1126,5 (P. Weiss et R. Forrer, *loc. cit.*) de 2,7 pour 1000 supérieure à l'ancienne. Elles sont corrigées non seulement du diamagnétisme des atomes combinés avec l'atome considéré, mais encore de celui de cet atome lui-même. Cette dernière partie de la correction n'avait pas encore été faite. Elle est faible (quelques millièmes) et ne peut être évaluée que grossièrement. Nous avons admis que pour le nickel métallique elle est la moyenne, -7.10^{-6}, du diamagnétisme atomique du cuivre et du zinc, ses voisins dans le système périodique. Pour les ions de la famille du fer, nous avons admis le diamagnétisme moyen des ions des éléments qui encadrent cette famille, soit -18.10^{-6}.

Substance.	Moment atomique (en magnétons).	Auteurs.
Fer à $T=0$	11,00	Weiss et Forrer.
Nickel à $T=0$	3,000	» »
Nickel de 480° à 880°	8,014	Nombreux auteurs.
Oxygène	9,972	Bauer et Picard.
Ion manganeux Mn'' solution du chlorure, du nitrate	28,01	Cabrera et Dupérier.
Sulfate à $4H^2O$	29,02	Foëx.
Pyrophosphate anhydre	30,03	Foëx et Mlle Brunet.
Ion ferrique Fe''', dans sulfate anhydre	28,95	Théodoridès, appuyé par Honda et Ishiwara, Cabrera et Moles.
Ion ferreux Fe'', dans : sulfate ammoniacal à $6H^2O$	25,93	Foëx.
— sulfate ammoniacal en solution	26,49	Foëx, Mlle Frankamp.
— id., autre état magnétique	25,99	Foëx.
Fer dans ferricyanure de K	11,95	Mlle Collet et F. Birch.
Ion cobalteux Co'', dans : sulfate anhydre calciné au rouge, cubique	25,97	Mlle Serres, Châtillon.
— hexagonal	25,67	» »
— sulfate anhydre, hydraté, en solution (moment dominant, nombreuses mesures)	25,02	Châtillon, appuyé par Foëx, Théodoridès.
— chlorure, solution amylique et éthylique	23,01	Châtillon.
— chlorure, solution aqueuse addit. de HCl	22,01	»
Ion nickeleux Ni'', dans sels solides, solutions, nombreuses déterminations, moyenne	16,03	Cabrera, Moles et Guzman, Mlle Bruins, Mlle Brant, Théodoridès, Honda et Ishiwara.
Ion cuivreux Cu'' dans chlorure et sulfate	9,93	F. Birch.

On peut ajouter quelques nombres qui paraissent sûrs bien que le problème expérimental soit délicat ou que les conditions d'une détermination exacte ne soient pas remplies au même degré :

Substance.	Moment atomique (en magnétons).	Auteurs.
Ion chromique Cr''	19,0	Cabrera et collab. Honda et Ishiwara, Mlle Serres (inédit).
Ion vanadique V^{IIII}, deux états	8,0 et 9,0	Perrakis.
Platine métallique, deux états	8,0 et 9,0	Kopp, Foëx.
Palladium métallique	8,0	» »

On voit que plusieurs de ces atomes ou ions existent dans des états différents caractérisés par leurs moments. Il existe encore d'autres états pour lesquels la détermination *numérique* du moment n'est pas encore faite d'une manière sûre. Ainsi il est probable que Cr''' existe avec 18, Cu'' avec 9, Fe''' avec 26 et 27, Mn'' avec 27, Co'' avec 24, Ni'' avec 17 magnétons.

Ces nombres sont, au degré de la précision, des entiers, à l'exception du moment 25,67 de Co'' dans le sulfate *hexagonal* et de 26,5 du sulfate ferreux ammoniacal. Tous ces moments sont donc, comme ceux encore beaucoup plus nombreux que donne le phénomène de Zeeman anormal, des fractions rationnelles du magnéton théorique de Bohr. Ce dernier est en effet égal à cinq magnétons expérimentaux (1). Mais il reste à expliquer pourquoi, dans les corps denses sur lesquels portent la plupart des mesures magnétiques, le sous-multiple 5 joue un rôle prépondérant.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Un nouveau spirochète récurrent, pathogène pour le cobaye*, Sp. sogdianum, *transmis par* Ornithodorus papillipes. Note de MM. **Charles Nicolle** et **Charles Anderson**.

Nous avons montré l'importance qu'offre la sensibilité du cobaye pour le diagnostic différentiel des spirochètes des fièvres récurrentes.

Alors que la plupart de ces spirochètes ne présentent qu'une virulence nulle ou faible pour cet animal, *Sp. hispanicum*, agent de la récurrente

(1) L'écart, 7 pour 1000 en moins du multiple exact, peut en grande partie être mis sur le compte des constantes N, h et $\frac{e}{m}$ qui entrent dans le calcul du magnéton théorique.

espagnole et sa variété africaine *Sp. marocanum*, que transmettent tous deux *Ornithodorus marocanus*, donnent au cobaye, non seulement une infection caractérisée par la présence de nombreux spirochètes dans le sang, mais une fièvre récurrente véritable, c'est-à-dire une maladie constituée par des accès fébriles que séparent des périodes apyrétiques.

L'extension de nos recherches nous permet de classer, à côté d'eux, en raison de son pouvoir pathogène sur le cobaye, un autre spirochète. Nous avons isolé celui-ci de tiques, appartenant à l'espèce *Orn. papillipes*, en provenance de Boukhara (Turkestan russe) et complaisamment adressées à nous par M. E.-W. Pawlowsky de Léningrade. En raison de son origine, nous avons donné à ce spirochète le nom de *Sp. sogdianum*.

1. Étude expérimentale. — Le *rat blanc*, la *souris blanche* peuvent être infectés soit par piqûres d'ornithodores, soit par inoculation de sang virulent. Ils sont, l'un et l'autre, peu sensibles. Chez le rat, nous avons pu constater deux et trois accès séparés; les spirochètes sont ou exceptionnels ou (au plus) rares dans le sang.

Le *cobaye*, nous l'avons dit, est l'animal réactif. Sa fièvre récurrente est grave; chaque accès se termine par une véritable crise. Lorsque la maladie est transmise par piqûres d'ornithodores, l'incubation est de 7 à 9 jours; elle est un peu plus brève après inoculation de sang virulent. Nous avons compté, chez le cobaye, de deux à quatre accès. Au cours de ces accès, les spirochètes sont de plus en plus nombreux jusqu'à la crise qui les termine.

Un *singe* (*Macacus cynomolgus*) a été infecté par inoculation de sang, après une incubation de 11 jours. Il a présenté trois accès, difficiles à séparer l'un de l'autre; car, dans leur intervalle, la température est restée au-dessus de la normale. La présence de spirochètes, d'ailleurs exceptionnels ou rares, n'a été notée que pendant le premier accès.

2. Passages. — Le virus peut être facilement entretenu par passages sur cobayes.

3. Spécificité de *Sp. sogdianum*. — Une première atteinte par *Sp. sogdianum* laisse à sa suite une immunité vis-à-vis de ce spirochète; elle ne vaccine pas contre *Sp. hispanicum*, ni contre sa variété marocaine, contre *Sp. duttoni* de la fièvre des tiques ni contre sa variété de Dakar (*Sp. crocidurae*), ni contre *Sp. normandi* des terriers de rongeurs tunisiens. Ces divers spirochètes ne vaccinent pas contre *Sp. sogdianum*.

4. Modes de transmission naturel et expérimental. — Par définition, l'agent de transmission de *Sp. sogdianum* est *Orn. papillipes* Bir. puisque c'est d'exemplaires de cette tique que nous l'avons isolé. Nous n'avons pas

encore étudié le mécanisme de cette transmission naturelle; mais nous avons pu faire transmettre *Sp. sogdianum* par la piqûre de deux tiques africaines, préalablement infectées à l'état nymphal, *Orn. moubata* et *Orn. normandi*.

5. Par contre, dans un essai, il est vrai imparfait, nous n'avons pu transmettre *Sp. sogdianum* de notre singe infecté à un singe neuf par le moyen de poux.

M. H. **Le Chatelier** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage de M. **Barbaudy** intitulé *Les bases physico-chimiques de la Distillation* dont il a écrit la *Préface*. Cette étude fait partie du *Mémorial des Sciences physiques* publié sous la direction de MM. H. Villat et L. Villey. Le but de cette collection est de documenter les savants sur l'état actuel de certaines questions d'un intérêt général.

L'auteur de ce Mémoire est particulièrement au courant du sujet qu'il traite, ayant eu l'occasion d'étudier au laboratoire la distillation de certains mélanges ternaires. A cette occasion, il a donné des méthodes ingénieuses pour l'analyse rapide des mélanges recueillis au cours de la distillation et il a fait en même temps une étude très complète des travaux de ses devanciers. Particulièrement documenté sur les théories qu'il expose dans son petit livre, il sera pour les lecteurs un guide très averti.

M. **Maurice Caullery** rend compte de la cérémonie d'inauguration, à Rio-de-Janeiro, le samedi 6 octobre 1928, d'un buste en bronze d'*Augustin de Saint-Hilaire*.

CORRESPONDANCE.

M. **Jules Lemoine** adresse un Rapport relatif à l'emploi qu'il a fait de la subvention qui a été accordée en 1925 au Laboratoire de Physique du Conservatoire national des Arts et Métiers sur le *Fonds Loutreuil*.

M. **Émile Belot** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante dans la Section d'Astronomie par le décès de M. *P. Puiseux*.

GÉOMÉTRIE. — *Sur les surfaces du troisième ordre possédant des courbes à branches enchaînées.* Note de M. **Piazzolla-Beloch.**

Les courbes gauches à branches complètes enchaînées ont, jusqu'ici, été étudiées indépendamment des surfaces qui puissent les posséder. On sait seulement que nulle surface du deuxième ordre ne peut en avoir. Je démontre que *les surfaces générales du troisième ordre, possédant des droites sur les couples de points de contact des plans passant par elles, formant une involution elliptique, sont les seules surfaces du troisième ordre qui possèdent des courbes à branches enchaînées.*

Ces surfaces contiennent par exemple des courbes algébriques de degré $2m$, de genre $m-1$, à $m-1$ branches complètes, dont deux quelconques sont enchaînées, et possédant, en général, une autre branche. Il suffit, étant donnée la droite r, *elliptique*, de la surface, de construire $m-1$ plans $\alpha_1 = 0$, $\alpha_2 = 0$, ..., $\alpha_{m-1} = 0$, passant par r et assez proches les uns des autres. Soient s une autre droite de la surface, s'appuyant sur r de manière que son point d'appui soit extérieur aux coniques sections de la surface avec le plan α_i, et β un plan passant par s, et ne coupant pas ces coniques.

Formons d'autres plans α'_1, α'_2, ..., α'_{m-1}, β', analogues, et considérons le faisceau

$$\alpha_1\alpha_2\ldots\alpha_{m+1}\beta + \lambda\alpha'_1\alpha'_2\ldots\alpha'_{m-1}\beta' = 0.$$

La surface de ce faisceau, qui s'obtient pour des valeurs assez petites de λ, coupe la surface du troisième ordre, au dehors des droites r, s, suivant une courbe de la nature envisagée.

Vice versa, on peut remarquer qu'une surface du troisième ordre, dépourvue de droites *elliptiques*, peut seulement contenir des nappes du type plan ou ellipsoïdal, et elle ne saurait pas pourtant posséder des branches enchaînées.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sous-groupes du groupe des homographies. Application à l'étude des courbes gauches.* Note de M. **Bertrand Gambier.**

1. Les transformations homographiques de l'espace à trois dimensions forment un groupe à quinze paramètres dont la recherche des sous-groupes finis discontinus est épuisée depuis longtemps, du moins pour ceux qui

forment un sous-groupe du groupe des déplacements et symétries ou le transformé de l'un de ces sous-groupes par une transformation homographique arbitraire.

Les recherches que j'ai effectuées sur les courbes gauches assujetties, d'une part à dépendre de 16 paramètres, et, d'autre part à avoir une définition invariante par homographie, m'ont fait rencontrer un sous-groupe d'une simplicité remarquable qui, au cas où il aurait déjà été signalé par un géomètre antérieur, mériterait au moins d'être plus employé dans les recherches géométriques ou simplement dans l'enseignement élémentaire.

2. Je rappelle la définition de l'*homographie biaxiale*. Deux droites D, Δ, axes de cette homographie biaxiale, sont données ainsi que la constante k; à chaque point M de l'espace correspond une droite unique issue de M et rencontrant simultanément D et Δ, l'une en m, l'autre en μ; le point M_1 transformé de M est porté par la droite $Mm\mu$, le rapport anharmonique $(MM_1m\mu)$ est égal à k. Pour $k = -1$, la transformation est réciproque et constitue l'*involution biaxiale d'axes* D, Δ. Si par une homographie, Δ est renvoyée à l'infini dans un plan perpendiculaire à D, on a la symétrie ordinaire d'axe D. On peut se demander comment on doit choisir trois involutions biaxiales pour qu'elles forment un groupe ; on trouve deux solutions et deux seulement : d'abord celui qui est bien connu et que je peux appeler le groupe *ternaire-tétraèdre* obtenu en prenant un tétraèdre quelconque et les involutions biaxiales I_1, I_2, I_3 relatives à chaque couple d'arêtes opposées; par une homographie convenable, renvoyant une face à l'infini et transformant le trièdre, issu du sommet opposé, en trièdre trirectangle, on obtient trois symétries relatives aux arêtes d'un trièdre trirectangle. Mais la seconde solution est celle à laquelle j'ai fait allusion plus haut : prenons sur une quadrique Q arbitraire, *réglée*, quatre génératrices de même système D, Δ; D′, Δ′ se divisant harmoniquement; il existe un nouveau couple (imaginaire conjugué si les deux premiers sont réels), D″, Δ″, divisant harmoniquement les deux premiers; les involutions I, I′, I″ d'axes (D, Δ), (D′, Δ′), (D″, Δ″) forment le groupe annoncé que je peux appeler *ternaire-quadrique*. D'ailleurs, bien que les axes de l'involution biaxiale II soient imaginaires, le fait qu'ils sont conjugués donne une transformation *réelle*. On remarquera que dans les deux groupes ternaires trouvés l'involution (D, Δ) transforme le couple (D′, Δ′) en lui-même; mais, pour le groupe ternaire-tétraèdre D′ reste D′ et Δ′ reste Δ′, tandis que pour le groupe ternaire-quadrique, D′ et Δ′ s'échangent. Une droite quelconque de l'espace et ses trois transformées sont sur une

même quadrique quand il s'agit du groupe ternaire-tétraèdre; cela n'arrive plus dans le cas du groupe ternaire-quadrique, à moins que la droite n'appartienne à la quadrique qui contient les six axes. Étant données quatre droites G, G', G'', G''' non situées sur une même quadrique, dont aucune ne rencontre une des trois autres, il existe quatre groupes ternaires-quadrique par rapport auxquels trois des droites sont les transformées de la droite restante et ces groupes sont sûrement réels si les deux sécantes communes aux quatre droites sont imaginaires conjuguées.

3. On peut signaler beaucoup de théorèmes généraux simples sur les courbes gauches. Si l'on se borne aux courbes gauches unicursales, on voit par exemple qu'une telle courbe ne peut admettre trois plans de symétrie, à moins de devenir plane. D'autre part, une courbe gauche unicursale de degré pair peut se correspondre à elle-même dans le groupe ternaire-tétraèdre, mais non dans le groupe ternaire-quadrique; c'est l'inverse pour les courbes gauches unicursales de degré impair. Si d'autre part la courbe gauche unicursale est, comme au n° 1, de définition invariante par homographie et dépend de 16 paramètres, il arrive le plus souvent que toutes les propriétés géométriques de la courbe dépendent d'une expression $t^4 - t^2 - a$ considérée comme forme binaire de degré 4, où a est l'unique invariant projectif de la courbe : mais alors la courbe appartient, suivant la parité de son degré, à un groupe ternaire-tétraèdre ou quadrique et les tangentes remarquables correspondant à l'évanouissement de la forme $t^4 - t^2 - a$ (ou de la forme hessienne) sont sur une quadrique pour le degré pair, tandis que pour le degré impair la donnée de trois de ces tangentes oblige la quatrième à appartenir simplement à un certain complexe.

Il est très remarquable d'établir ainsi, malgré l'imprécision de la définition de ces courbes, un lien aussi étroit entre les transformations de l'espace, les formes binaires, et le degré de la courbe. Ma Note du 8 octobre 1928 [1] donne un exemple précis de courbes gauches unicursales de l'espèce indiquée : il s'agit de courbes de degré m possédant quatre points où le plan osculateur a m points, réunis au point de contact, communs avec la courbe.

4. Je reviendrai sur les autres sous-groupes appartenant au groupe des homographies. Je signale simplement qu'on peut en former très simplement avec des homographies biaxiales de mêmes axes.

---

(1) *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 591.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la structure des familles normales de fonctions méromorphes.* Note de M. **Walter Saxer**, présentée par M. Hadamard.

Le rôle principal pour l'application de la théorie des familles normales est joué par le théorème suivant :

Toute famille de fonctions méromorphes dans un domaine (D) où elles prennent trois valeurs exceptionuelles fixes est normale dans ce domaine.

Réciproquement (ce qu'on n'a pas aperçu jusqu'ici), on peut démontrer le *théorème* suivant :

Soit donnée une famille normale de fonctions méromorphes dans un domaine fermé. Il existe, pour chaque point P *de ce domaine, un cercle* C(P, r) *avec le point* P *comme centre et un rayon fixe r, dans lequel la famille se laisse représenter comme une somme finie de familles avec la propriété suivante : Toutes les fonctions d'une telle famille possèdent dans ce cercle trois cercles d'exception fixes* $C_i(\rho, \delta)$ $(i = 1, 2, 3)$, *dont les rayons* ρ *et les distances* δ *de leurs centres ont une borne inférieure.*

Je démontre ce théorème à l'aide d'une série de lemmes :

1° Soit donnée une famille normale de fonctions méromorphes dans un domaine fermé D. Si on lui adjoint toutes les fonctions limites de cette famille, la famille reste normale.

Nous disons qu'une fonction est une fonction limite appartenant à une famille normale, si elle est la fonction limite d'une série de fonctions de cette famille, uniformément convergente dans le domaine D. On sait que le lemme 1° est aussi vrai pour toutes les familles compactes, comme l'a démontré M. Fréchet (1).

2° Soit donnée une famille normale de fonctions méromorphes dans un domaine fermé D. Il existe, pour chaque point P de ce domaine, un cercle C(P, r) avec le point P comme centre et un rayon fixe r possédant la propriété suivante : Toutes les fonctions de notre famille possèdent dans ce cercle trois cercles d'exception $C_i(\rho, \delta)$ $(i = 1, 2, 3)$ dont les rayons et les distances de leurs centres ont une borne inférieure ρ (resp. δ).

Si ce lemme n'était pas vrai, on pourrait démontrer l'existence d'un

(1) M. Fréchet, *Sur quelques points du calcul fonctionnel* (*Rendiconti des Circolo Matematico*, 22, 1906, p. 1-74).

point J d'après la terminologie de M. Ostrowski (1) ou d'un point O d'après la terminologie de M. Montel (2).

3° Soit donnée une fonction $f_1(z)$ arbitrairement choisie de notre famille. Les valeurs exceptionnelles de cette fonction $f_1(z)$ d'un tel cercle $K(P, r)$ forment un domaine ouvert G bien déterminé. Prenons maintenant toutes les fonctions de notre famille, ayant la propriété suivante : Leurs valeurs exceptionnelles dans le cercle $K(P, r)$ contiennent trois cercles $C_i\left(\frac{\rho}{2}, \delta\right)$ au sens du lemme 2°, dont les centres appartiennent au domaine fermé $\overline{G}$ avec une distance $> \delta$ et avec des rayons égaux à $\frac{\rho}{2}$. Cette famille se laisse représenter comme une somme finie de familles au sens de notre théorème.

La démonstration est obtenue par une application immédiate du théorème de MM. Heine-Borel. Le domaine $\overline{G}$ se laisse couvrir par un nombre fini $\varkappa$ de cercles $C\left(\frac{\rho}{2}\right)$. (Dans toutes ces considérations, les valeurs complexes sont représentées sur la sphère.) Chaque fonction de notre famille possède dans le cercle $C(P, r)$ trois cercles d'exception $C_i(\rho, \delta)$ qui contiennent un cercle $C\left(\frac{\rho}{2}\right)$. Il existe donc au plus $\binom{\varkappa}{3}$ de telles familles, où chaque famille possède trois cercles d'exception fixes $C_i\left(\frac{\rho}{2}, \bar{\delta}\right)$ avec $\bar{\delta} \leqq \delta$ mais $\bar{\delta} > 0$.

A l'aide des lemmes 1°, 2° et 3°, on peut facilement démontrer le théorème. En effet, si par la méthode d'exhaustion du lemme 3°, la famille n'est pas encore épuisée, nous prenons une fonction $f_2(x)$, arbitrairement choisie du reste, et répétons notre méthode d'exhaustion, etc. Après un nombre fini de fois nous aurons épuisé toute la famille. Car dans le cas contraire il existerait une série infinie de fonctions $f_1(z)$, $f_2(x)$, ... avec la propriété suivante : Les valeurs exceptionnelles de deux fonctions de cette série dans le cercle $C(P, r)$ n'auraient pas en commun trois cercles $C_i\left(\frac{\rho}{2}, \delta\right)$, ce qui est contre le lemme 2° et l'hypothèse qu'il s'agit d'une famille normale.

---

(1) A. Ostrowski, *Ueber Folgen analyt. Funktionen und einige Verschärfungen des Picardschen Satzes* (*Math. Zeitschrift*, 24, 1925, p. 216-258).

(2) Montel, *Leçons sur les familles normales de fonctions analytiques*. Collection Borel, Gauthier-Villars et Cie, Paris, 1927.

On ne peut pas remplacer, dans notre théorème, un tel cercle $K(P, r)$ par tout le domaine donné D ou la somme finie de telles familles par une seule famille, comme le montrent des exemples.

Généralisation. — On peut démontrer pour les familles quasi normales d'ordre fini un théorème analogue.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur le début de l'écoulement par un déversoir en mince paroi.* Note [1] de M. **R. Mazet**, présentée par M. G. Kœnigs.

Reprenant les considérations de ma dernière Note [2], je supposerai maintenant l'orifice rectangulaire percé dans une paroi verticale et très éloigné des autres parois du vase. Le grand côté du rectangle est horizontal et assez long pour que, vers son centre, le mouvement puisse être regardé comme parallèle à un plan fixe vertical xOy ($x'Ox$: trace de la paroi orientée positivement vers le bas; $y'Oy$: horizontale orientée positivement vers l'extérieur). En supposant la pression hydrostatique, loin de l'orifice, égale à $p_1 + \rho g x$, il est facile de voir que tous les résultats de ma dernière Note subsistent, ainsi que les formules à quelques notations près.

Reprenons alors le cas de l'orifice s'ouvrant symétriquement par rapport à O et supposons que la fonction donnée $\chi(x|a)(|x| \leqq a)$ vérifie, à chaque instant, la relation

$$\int_0^{\pi} \chi(x'|a)\,d\Theta + \pi\frac{p_1}{\rho} = 0 \qquad (x' = a\cos\Theta).$$

Dans ce cas, $\frac{\partial q}{\partial t} = 0$ quel que soit t et, comme nous l'avons vu, l'expression logarithmique du potentiel des vitesses est valable dans tout le liquide intérieur ($y \leqq 0$). Il est facile de vérifier directement que $q(t) = 0$ quel que soit t. On a d'ailleurs :

$$\frac{dq}{dt} = \frac{\partial q}{\partial t} + \frac{1}{\omega(a)}\left[\frac{\partial\varphi(a, 0\ t)}{\partial y} - \frac{\partial\varphi(-a, 0\ t)}{\partial y}\right] = 0.$$

D'autre part, pour que $\frac{\partial\varphi}{\partial x}$ soit continue au point O, il suffit que $\omega(0) =$ quantité finie. Toutefois, en vue d'éviter une discontinuité du second ordre, nous supposerons $\omega(0) = 0$.

(1) Séance du 22 octobre 1928.

(2) *Sur l'écoulement à travers un orifice rectangulaire long et étroit* (*Comptes rendus*, **187**, 1928, p. 643).

On peut appliquer ce qui précède au cas où l'orifice s'ouvre rapidement en mettant le liquide au contact d'une atmosphère où règne une pression constante p_0. Pendant les premiers instants, la vitesse du liquide, initialement en repos, est très faible et la surface libre s'écarte peu du plan de l'orifice. On peut donc écrire, avec une approximation suffisante au début,

$$\chi(x \mid a) = gx - \frac{p_0}{\rho}, \qquad (|x| \leqq a),$$

d'où

$$\frac{\partial q}{\partial t} = \frac{\pi}{\log \frac{2R}{a}} \frac{p_1 - p_0}{\rho}.$$

Si $p_1 > p_0$, le liquide s'écoule à l'extérieur du vase. Si $p_1 < p_0$, il est refoulé à l'intérieur. Si $p_1 = p_0$, il s'écoule partiellement et est partiellement refoulé de la même quantité.

Plaçons-nous dans ce dernier cas (où le débit est théoriquement nul) et supprimons par la pensée tout le liquide qui, à l'instant initial, se trouvait au-dessus du plan $x = 0$, où régnait la pression p_0 : nous obtenons ainsi, avec une approximation du même ordre que ci-dessus, la représentation d'un barrage soumis, sur sa surface libre, à la pression atmosphérique p_0 et dont la paroi verticale s'abaisse rapidement, formant déversoir.

Le potentiel des vitesses, aux premiers instants, est défini (dans tout le liquide réel et fictif) par

$$\varphi(x, 0 \mid t) = \left(gx - \frac{p_0}{\rho}\right)t - gx \int_0^{|x|} \sqrt{1 - \frac{a'^2}{x^2}}\, \omega(a')\, da', \qquad (|x| \leqq a).$$

L'écoulement a lieu par jet : on a notamment $\frac{\partial \varphi(a, 0 \mid t)}{\partial y} = 0$ quel que soit t et *la surface libre se raccorde constamment*, le long du seuil A, *avec la paroi verticale mobile*.

Cette surface libre se compose de deux parties : l'une provenant de la surface libre initiale ($x_1 = 0$ à $t = 0$) et ayant pour équation approchée

$$(\mathrm{S}_1) \qquad x_1 = \int_0^a \varphi'_x(0, y_1 \mid a')\, \omega(a')\, da', \qquad (y_1 \leqq 0),$$

l'autre formée par les molécules qui ont perdu le contact avec la paroi verticale; celle-ci admet pour équations paramétriques approchées en fonction de l'abscisse initiale x_0 ($0 \leqq x_0 \leqq a$) :

$$(\mathrm{S}_2) \qquad x_2 = x_0 + \int_0^a \varphi'_x(x_0, 0 \mid a')\, \omega(a')\, da', \qquad y_2 = \int_{x_0}^a \varphi'_y(x_0, 0 \mid a')\, \omega(a')\, da'.$$

Les surfaces S_1 et S_2 se rejoignent suivant la ligne

$$x=\int_0^a \varphi'_x(o, o \mid a')\,\omega(a')\,da' = \frac{1}{2}gt^2, \quad y=o.$$

Sur cette ligne, on a $\frac{dx_1}{dy_1}=\frac{dy_2}{dx_2}$. Le liquide étant supposé parfait, les deux surfaces font entre elles un angle (initialement droit) donné par

$$\tau=\frac{\pi}{2}\left[1-\frac{8}{\pi^2}\int_0^a \frac{\omega(a')}{a'}da'\int_0^{a'}\varphi''_{x^2}(x', o \mid a')\sqrt{\frac{a'^2}{x'^2}-1}\,dx'\right].$$

En prenant la loi d'ouverture sous la forme $t=\Theta w\left(\frac{a}{c}\right)$ [Θ et c étant des constantes et $w(\xi)$ nne fonction numérique croissante de ξ telle que $w(o)=w'(o)=o$, $w(1)=1$, $w'(\xi)$ bornée], les approximations précédentes seront valables dans l'intervalle (o, Θ) si l'on peut négliger :

1° Θ^2 devant $\frac{p_0}{\rho g^2}$;

2° $g\Theta^2$ devant c.

HYDRAULIQUE. — *L'écoulement sur les barrages déversoirs.* Note (¹) de M. L. **Escande**, présentée par M. Rateau.

Nous avons déjà exposé certaines recherches relatives aux barrages déversoirs (²). Dans cette Note, nous allons résumer quelques résultats concernant la répartition des vitesses et des pressions sur deux profils différents de barrages.

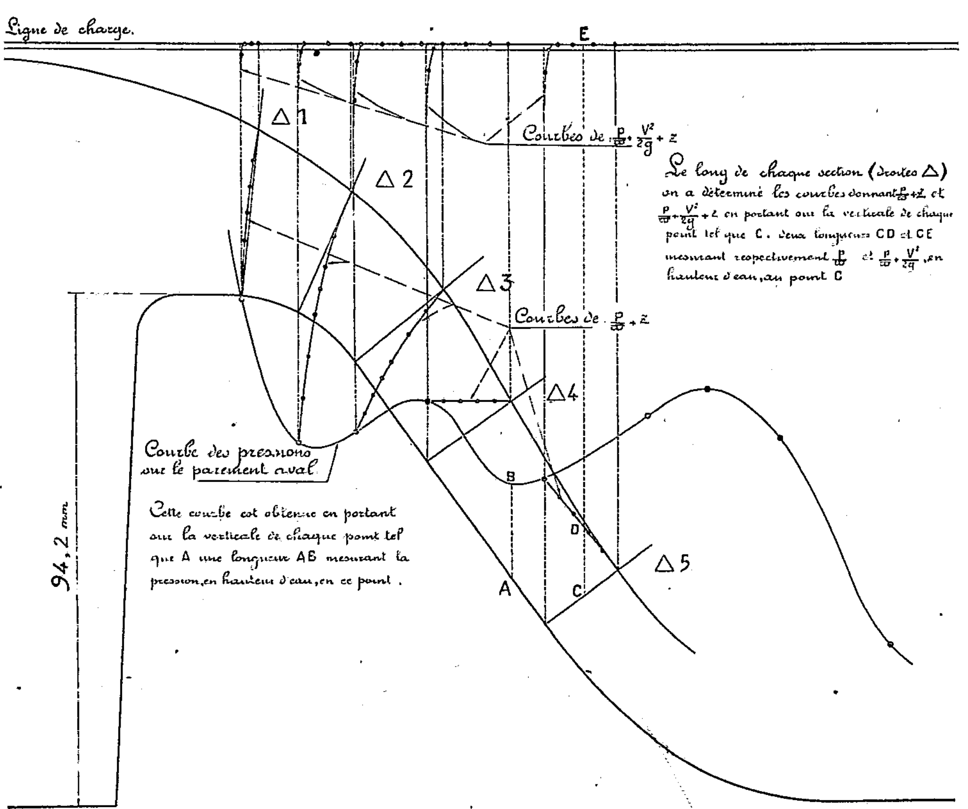
1° *Vitesses.* — Les mesures étaient faites par la méthode chronophotographique de M. Camichel, et, aussi, au moyen d'un tube de Pitot, constitué par des aiguilles hypodermiques, en faisant la mesure en deux fois. Les courbes obtenues montrent l'existence, au contact de la paroi, d'une couche limite, à l'intérieur de laquelle la vitesse varie très rapidement.

2° *Pressions.* — La répartition des pressions à la surface du barrage met en évidence, à la partie supérieure du parement aval, une zone de dépression déjà signalée (²) et susceptible de provoquer des vibrations. On remarque, d'autre part (voir la figure), que les courbes de répartition des pressions le long des diverses normales au parement ne présentent aucune discontinuité à la traversée de la couche limite.

(¹) Séance du 15 octobre 1928.

(²) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 99, et 186, 1928, p. 28.

3° *Débit, continuité.* — La mesure des vitesses et de leurs directions nous a permis d'évaluer le débit par unité de largeur à la traversée de 5 sections : Δ_1, Δ_2, Δ_3, Δ_4, Δ_5, pour chaque barrage; d'autre part, nous avons effectué un jaugeage direct; tous les chiffres obtenus pour un même ouvrage présentaient une concordance excellente.



Répartitions des pressions et lignes d'énergie sur un barrage déversoir.

4° *Énergie.* — Les courbes de répartition d'énergie $\left(\frac{V^2}{2g}+\frac{p}{\varpi}+z\right)$, suivant les 5 sections étudiées, étaient obtenues au moyen d'un tube de Pitot à un seul orifice, placé normalement au courant; la figure montre comment, sensiblement horizontales et de même cote, pour tous les points extérieurs à la couche limite, ces courbes deviennent rapidement descendantes, à l'intérieur de celle-ci. La perte de charge est donc nulle, sauf au voisinage de la paroi.

5° *Potentiel des vitesses.* — Utilisant la méthode de M. Camichel [1], j'ai vérifié que les composantes du vecteur tourbillon étaient nulles en dehors de la couche limite; cette opération a été faite en une douzaine de points pour chaque barrage.

---

(1) *Comptes rendus*, 170, 1920, p. 881.

6° *Construction de Prasil.* — Je l'ai effectuée, à partir de la surface libre, et du plan de charge, déterminés expérimentalement. La valeur du débit, déduite du graphique, coïncidait sensiblement avec celle obtenue au troisième paragraphe. M. Eydoux [1] avait d'ailleurs déjà eu l'occasion d'opérer une vérification analogue.

7° *Similitude.* — Pour l'un des profils considérés, nous avons étudié de la même façon un modèle établi à une échelle 5,13 fois plus grande. L'étude antérieure des débits [2] avait révélé une très légère divergence vis-à-vis de la loi de similitude, le débit du grand modèle étant relativement plus élevé; la comparaison des vitesses et des pressions a donné une très légère divergence de même sens.

L'origine de cette divergence paraît provenir de la couche limite qui était relativement plus mince dans le grand modèle; ce point pouvait se prévoir théoriquement : en effet, le mouvement étudié ici est celui d'un liquide pesant comportant une surface libre; la similitude n'est possible que si la viscosité propre du liquide, abstraction faite de la viscosité fictive de turbulence, n'a qu'une influence négligeable; il en est ainsi dans la zone irrotationnelle, mais, dans la couche limite, la viscosité impose la condition de Reynolds; or, dans le cas actuel, le nombre de Reynolds $\frac{VD}{\frac{\mu}{\rho}}$ est multiplié par la puissance $\frac{3}{2}$ du rapport de similitude λ, V étant multiplié par $\sqrt{\lambda}$, D par λ et $\frac{\mu}{\rho}$ demeurant constant; il ne peut donc y avoir similitude. De plus, la diminution de l'épaisseur relative de la couche limite, dans le cas du plus grand modèle, résulte de la valeur plus élevée du nombre de Reynolds. On peut s'en rendre compte en considérant, par exemple, les hypothèses de Prandtl : $\frac{\varepsilon}{D} = \frac{1}{\sqrt{N}}$ ou de Joukowski : $\frac{\varepsilon}{D} = \frac{1}{N}$, relatives au cas où il n'y a pas de décollement, ε désignant l'épaisseur de la couche, D une dimension linéaire et N le nombre de Reynolds.

OPTIQUE. — *La polarisation dans la théorie des* Quanta de lumière. Note de M. **Jean Ullmo**, présentée par M. Ch. Fabry.

Les théories dites des Quanta de lumière — ou de l'émission — cherchent à expliquer les phénomènes d'interférence et de polarisation par la *structure* de la particule lumineuse ou photon. Je veux montrer que les phénomènes de polarisation peuvent s'interpréter comme des effets *statistiques* dus à la distribution et à l'ordonnance dans l'espace des photons, sans aucune hypothèse particulière sur leur structure interne. Nous laisserons de côté le phénomène des interférences,

Les photons seront supposés doués d'actions réciproques, impénétrables. Leur longueur dans le sens de la propagation est la longueur d'onde (voir

(1) Eydoux, *IIIe Congrès de la Houille Blanche*, Grenoble 1925.

(2) *Loc. cit.* [note (2) de la page 756].

Remarque finale). C'est le minimum d'hypothèses qu'on puisse faire pour définir l'individualité des photons. La lumière naturelle aura une constitution analogue à celle d'un corps vitreux où les atomes sont répartis au hasard, avec cependant une densité constante et des distances moyennes qui sont fonction de leurs actions mutuelles. Il y aura simplement ordonnance *locale* des groupes de photons, leur distance transversale, seulement déterminée par leur interaction, étant alors l'*écartement naturel.*

Alignement. — Des photons voisins situés sur une droite perpendiculaire à la direction de propagation (ou rayon) seront dits *alignés* dans la direction correspondante. La lumière naturelle est telle que si l'on considère un point fixe, et pendant un temps assez long tous les *alignements* passant en ce point, il y en aura un nombre égal pour toutes les directions.

Si une direction vient à être *privilégiée,* comporte systématiquement plus d'alignements, la lumière sera dite partiellement polarisée.

Si tous les alignements de photons se font parallèlement à une seule direction la lumière sera dite polarisée. Ses propriétés seront alors analogues à celles d'un cristal; d'où le nom de *cristal-onde.* En effet : 1° il y a infiniment plus de photons dans les plans privilégiés que dans tout autre analogie avec les plans de Bravais; 2° les dimensions longitudinales du réseau cristal-onde seront définies par la longueur d'onde, longueur des photons; par translation parallèle au rayon et égale à la longueur d'onde, le cristal-onde se superpose à lui-même statistiquement parlant : les sommets du réseau reviennent en coïncidence, et la distribution moyenne des photons sur ces sommets reste la même; 3° les dimensions transversales sont définies par l'écartement naturel. Une translation égale à cet écartement et normale au plan de Bravais superpose encore le cristal à lui-même.

Analyseur biréfringent. — Un spath a naturellement deux directions de plans, qui sont privilégiées du fait que, pour ces plans seulement, des photons alignés sont transmis avec des vitesses égales, donc restent alignées.

a. Si la lumière incidente est naturelle, sur un front d'onde les photons sont répartis entre les deux directions possibles de propagation par des raisons de commodité (action des molécules du spath sur les photons) et suivant une proportion quelconque, mais égale en moyenne. A la sortie chacune des deux ondes ne comportera plus que des alignements parallèles à une direction privilégiée : elle sera entièrement polarisée.

On en déduit facilement que les plans de Bravais du cristal-onde sont perpendiculaires au plan de polarisation classique.

b. Si la lumière incidente est polarisée, l'analyseur ne transmettra que

des alignements obliques sur le plan de Bravais : on aura à la sortie un *cristal-onde de seconde espèce* où l'écartement naturel sera remplacé par un *écartement imposé* variable avec l'angle des plans privilégiés du cristal-onde et de l'analyseur (analogue au plan de Bravais secondaire).

Polarisation par réflexion. Loi de Brewster. — On peut diviser la lumière incidente naturelle en alignements parallèles au miroir et alignements dans le plan d'incidence. Les photons des premiers ne se gênent pas entre eux et se répartissent entre réflexion et réfraction suivant une loi de probabilités : réflexion s'il y a choc avec une molécule superficielle du miroir. Un photon des seconds, s'il se réfléchit, pourra être choqué par ses voisins d'alignement et être ramené au miroir : probabilité moins grande de réflexion de tels photons, donc, lumière partiellement polarisée. La probabilité devient nulle si la direction de réflexion du photon est celle même de ses voisins (impénétrables), non encore déviés par l'attraction du second milieu : c'est la loi de Brewster.

Expérience de Wiener. — Dans le deuxième cas précédent, il y a accumulation de photons vers le miroir, dans le premier cas seulement ils peuvent s'en écarter suffisamment pour déterminer avec les photons incidents, par chocs un régime de distribution moyenne correspondant aux ventres et nœuds des ondes stationnaires.

Polarisation par diffusion. — Même raisonnement (impénétrabilité) que pour la loi de Brewster.

Expériences de Fresnel-Arago. — L'interférence, quel qu'en soit le mécanisme, suppose : 1° une différence de phase, représentée ici par le décalage des plans réticulaires ; 2° un même écartement des photons qui interfèrent, pour que, si deux photons viennent en coïncidence et interfèrent, les photons voisins des deux surfaces d'onde puissent venir aussi en coïncidence (statistiquement). Toutes les lumières de même origine pour lesquelles l'écartement sera « naturel » pourront interférer. Mais deux cristaux-ondes de seconde espèce ne le pourront que s'ils ont même écartement imposé, ce qui n'arrivera que s'ils proviennent de sections parallèles d'un même cristal-onde. Par exemple, dans l'expérience en cause, si la lumière incidente est naturelle, les piles de glace donneront deux cristaux-ondes de première espèce identiques, mais diversement orientés, dont les sections par l'analyseur n'auront pas la même inclinaison, donc, le même écartement, etc.

Polarisation rotatoire. — Des molécules disposées en hélice (cas du quartz pris en exemple) retarderont les photons pris au même instant sur cette

hélice. L'apparence sur un écran normal aux rayons sera d'alignements tournants, les photons retardés arrivant successivement. La vibration classique est l'effet statistique des *scintillements* des photons.

Effet photo-électrique sélectif. — Cet effet ruine l'idée de photons polarisés *individuellement*, car il ne peut y avoir plus de photons polarisés d'une espèce que d'une autre. Ici il est facile de voir que l'effet photo-électrique augmente beaucoup si les plans de Bravais du cristal-onde (contenant beaucoup plus de photons) coïncident avec des plans privilégiés du métal (contenant beaucoup plus d'électrons). Bien entendu il doit y avoir en même temps augmentation de l'absorption, ce qui est vérifié.

Remarque. — Cette théorie reste valable si l'on veut admettre que le photon n'a pas de dimensions longitudinales, mais se trouve simplement en un point variable d'un intervalle égal à la longueur d'onde, ce qui correspond à la statistique de Pauli, comme il est facile de le montrer.

SPECTROSCOPIE. — *Sur les raies ultimes du mercure et de l'aluminium.* Note de M. **Adolfo T. Williams**, présentée par M. Ch. Fabry.

1° *Mercure.* — D'après la règle de Croze ([1]), relative à la persistance des raies de combinaisons entre des termes de multiplicités différentes, la raie de résonance : $1^1S_0 - 2^3P_1$, $\lambda = 2536,52$ A, ne doit pas être considérée comme raie « ultime ». Ce caractère doit, en revanche, appartenir à la raie : $1^1S_0 - 2^1P_1$, $\lambda = 1849,57$ A. Nous avons cherché à vérifier cette conclusion en faisant une étude systématique de l'émission du spectre du mercure dans diverses conditions (tube fulgurateur de Gramont, étincelle et arc éclatant entre des charbons imprégnés de solutions de sels de mercure, pour différentes concentrations).

En aucun cas, quelle que soit la concentration employée (atteignant jusqu'à 2 pour 100 au maximum, exprimée en mercure) nous n'avons pu obtenir l'émission de la raie 1849,57. Par contre, la raie d'intercombinaison 2537 A et la raie d'étincelle 1942 A ont été enregistrées avec une grande intensité.

Cette dernière raie (1942 A) est la moins réfrangible de la série $^2S\,^2P$ de l'atome ionisé du mercure. Elle résiste d'une manière remarquable à l'influence de la self-induction et de la dilution, et se comporte d'une manière analogue à la raie d'intercombinaison. Divers auteurs, expérimen-

([1]) F. Croze, *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 1285.

tant dans d'autres conditions, ont d'ailleurs signalé son extrême sensibilité (¹). Il s'agit donc bien d'une raie ultime, comme on pouvait aisément le prévoir en remarquant que les doublets $^2S^2P$ des atomes ionisés, pour les éléments de la deuxième colonne du Tableau périodique, comprennent tous des raies ultimes. Il est donc fort possible que la seconde composante du doublet du mercure ($\lambda = 1649{,}8$ A) soit également une raie persistante.

Au contraire, la raie $^1S^1P$ se comporte ici d'une manière anormale, bien qu'elle soit émise très aisément par la lampe à mercure, en même temps que les raies 2537 et 1942. En outre, il semble que la persistance des raies de résonance $^1S^3P$ du cadmium, du zinc et du mercure, soit en relation directe avec la valeur de la différence $2^3P_1 - 2^1P_1$, comme le montre le tableau suivant :

	λ	Persistance pour 100	$2^3P_1 - 2^1P_1$
Cd.	3261,04	1	13036,0
Zn.......	3075,88	0,1	14243,5
Hg.......	2536,52	0,01	14656,1

Cette hypothèse peut encore être justifiée en considérant le cas du calcium, du baryum et du strontium. Pour ces éléments, la différence précédente oscille entre 8000 et 5000 cm^{-1}, et les raies $^1S^3P$ ont une intensité très faible

2° *Aluminium.* — En tenant compte des séries de l'aluminium doublement ionisé établies par Paschen (²), nous avons essayé de vérifier si les raies $^2S^2P$, de longueurs d'onde 1862,90 et 1854,67A, sont ultimes. Au moyen d'un spectrographe approprié et de plaques Schumann, nous avons donc étudié la persistance du doublet précédent, et constaté que ses composantes subsistent pour une concentration de l'aluminium atteignant 0,005 pour 100 (aussi bien avec le tube fulgurateur que dans l'étincelle entre charbons). Les raies considérées sont nettement affectées par la self-induction, et ne sont pas émises par l'arc.

La raie de l'aluminium simplement ionisé : 1989,80A, classée par Sawyer et Paschen ($^1P^1D$) (³) présente un degré de persistance analogue à celui du doublet $^2S^2P$. Il est également probable, d'après Meggers (⁴), que la raie 1670,98A de Al^+ soit ultime (série $^1S^1P$).

(¹) G. Déjardin, *Annales de Physique*, 8, 1927, p. 457.
(²) F. Paschen, *Annalen der Physik*, 71, 1923, p. 149.
(³) Sawyer et Paschen, *Annalen der Physik*, 84, 1927, p. 1.
(⁴) Communication privée.

Nous pouvons déduire de l'ensemble de nos observations la conclusion suivante :

Aux raies ultimes (doublets $^2S\,^2P$) de l'atome neutre des éléments de la première colonne du Tableau périodique correspondent, comme raies ultimes, les doublets des atomes ionisés des éléments de la seconde colonne, ainsi que les doublets des atomes doublement ionisés des atomes de la troisième colonne. Dans la quatrième colonne, le silicium présente, parmi ses raies ultimes, un doublet de l'atome simplement ionisé.

CHIMIE GÉNÉRALE — *Sur la température d'inflammation des mélanges d'hydrogène et d'air.* Note de MM. **M. Prettre** et **P. Laffitte**, présentée par M. Le Chatelier.

L'objet des recherches rapportées dans la présente Note a été la détermination de la température minima à laquelle s'enflamment les mélanges d'hydrogène et d'air. On ne possède en effet qu'un nombre restreint de données sur ce sujet. Celles-ci sont souvent contradictoires, ayant été faites par des méthodes et dans des conditions très différentes [Mallard et Le Chatelier (1), Falk (2), Taffanel et Le Floch (3), Dixon (4), etc.]. Elles ne permettent pas de tracer une courbe des températures d'inflammation en fonction des compositions. La méthode que nous avons utilisée est dérivée de la *méthode du pyromètre* de Mallard et Le Chatelier.

Le mélange gazeux est préparé dans un gazomètre et envoyé, après dessiccation par passage à travers de l'acide sulfurique et de l'anhydride sulfurique, dans un réservoir sur le mercure. A la sortie de ce réservoir le mélange peut être dirigé soit sur la cuve à mercure où il est analysé, soit dans le récipient de combustion (cylindre en *pyrex* de 35^{mm} de diamètre et de 110^{cm^3} de capacité). Ce récipient est placé dans un four électrique à résistance de nichrome; il est entouré d'un cylindre d'acier qui permet la réalisation d'une température uniforme. Celle-ci est repérée à l'aide d'un couple nickel-chromel. Le four est porté à une température donnée et à l'aide d'une trompe à vapeur de mercure on fait le vide dans le récipient (pression mesurée à la jauge de McLeod inférieure à $\frac{1}{10000}$ de millimètre de mercure. On y envoie alors le mélange gazeux et l'on observe s'il se produit une flamme. Dans ce cas on abaisse la température du four et l'on recommence l'essai, et ainsi de suite jusqu'à ce que l'on n'ait plus de flamme. Dans le cas où il ne s'est pas produit de flamme on opère de même, mais par tempé-

(1) *Ann. Min.*, 8e série, 4, 1883, p. 274.
(2) *J. Amer. Chem. Soc.*, 28, 1906, p. 1517, et 29, 1907, p. 1530.
(3) *Comptes rendus*, 157, 1913, p. 469.
(4) *Trans. Faraday Soc.*, 22, 1926, p. 267.

ratures croissantes jusqu'à ce que l'on en ait une. Finalement on obtient deux températures : l'une supérieure pour laquelle on a toujours une flamme, l'autre inférieure pour laquelle on n'en a jamais. La moyenne entre ces deux températures (distantes de 4° environ) est considérée comme la température d'inflammation du mélange.

Le tableau suivant résume nos mesures. La ligne supérieure indique la composition des mélanges (teneur volumétrique en hydrogène pour 100 volumes du mélange total); la ligne inférieure donne les températures d'inflammation correspondantes :

H^2 %........	10,10.	14,30.	19,90.	24,30.	29,70.	35,85.	42,90.	47,20.	58,80.	68,85.	79,40.	90,45.
$t°$C.........	456	460	462	465	468	471	475	477	482	496	514	540

Ces chiffres sont inférieurs de près d'une centaine de degrés à quelques-uns de ceux donnés par les précédents auteurs. Cela provient de ce que ceux-ci ne faisaient, en général, qu'un vide de 1^{cm} à 2^{cm} de mercure dans le récipient de combustion. En effet, avec un mélange à 10 pour 100 d'hydrogène, si la pression initiale dans le récipient est de 1^{cm}, on trouve une température d'inflammation de 504°, alors qu'avec un vide de $\frac{1}{10000}$ de millimètre on ne trouve que 455°.

D'autre part, Dixon (*loc. cit.*) a étudié les températures d'inflammation des mélanges d'hydrogène et d'oxygène par la méthode de compression adiabatique. Pour le mélange à 20 pour 100 d'hydrogène, entre autres, il a trouvé 507°, puis modifiant son appareil il a trouvé 472° et enfin 458°. Or il résulte des expériences de Mallard et Le Chatelier (*loc. cit.*) que l'addition au gaz tonnant d'un volume même considérable d'azote modifie peu ou point la température d'inflammation. Nos expériences sur les mélanges d'hydrogène et d'air concordent donc avec celles de Dixon sur les mélanges d'hydrogène et d'oxygène.

Si, à l'aide de nos chiffres, on construit la courbe des températures d'inflammation en fonction des compositions, celle-ci est rectiligne entre 10 et 60 pour 100 d'hydrogène; au delà elle s'incurve et les températures d'inflammation s'élèvent très rapidement. On peut remarquer que la composition à partir de laquelle la température d'inflammation croît très rapidement correspond sensiblement à la limite supérieure d'inflammabilité des mélanges hydrogène-air à la température ordinaire. White [1] a montré que lorsqu'on élève la température initiale d'un mélange gazeux combustible, les limites d'inflammabilité sont reculées. Il a ainsi trouvé que la

[1] *J. Chem. Soc.*, **127**, 1925, p. 672.

limite supérieure d'inflammabilité des mélanges d'hydrogène et d'air, qui est aux environs de 65 pour 100 d'hydrogène à la température ordinaire, est reculée à 81,5 pour 100 à 400°. Nos expériences ont encore reculé cette limite, puisque nous avons obtenu (à 540°) l'inflammation d'un mélange à 90,45 pour 100 d'hydrogène. Nous avons aussi remarqué que les mélanges à forte teneur en hydrogène (entre 80 et 90 pour 100), qui étaient considérés comme incombustibles, donnent une flamme très brillante et toujours visible, quoiqu'aux températures où l'on opérait pour de tels mélanges (500-550°) l'enceinte fût déjà rouge. Il n'en est pas de même pour les mélanges voisins de la limite inférieure d'inflammabilité pour lesquels la flamme est très peu lumineuse et pas toujours facilement visible, même en opérant dans l'obscurité; c'est la raison pour laquelle nous n'avons pu faire d'essais avec des mélanges tenant moins de 10 pour 100 d'hydrogène.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur un nouvel acide fluoborique.* Note (¹) de MM. **A. Travers** et **Malaprade**, présentée par M. C. Matignon.

Les fluoborates décrits dans la littérature, de formule BF^4M, ne réagissent que *très lentement* sur les alcalis : par exemple l'action de $0^{cm^3},1$ de KOH 0,2 N sur BF^4K pur en suspension dans l'eau, ou sur $(BF^4)^2Ba$ entièrement soluble dans l'eau, est pratiquement nulle au bout d'une heure.

L'expérience montre cependant que dans un certain nombre de préparations de BF^4K, faites *à froid*, on obtient un sel, qui, parfaitement lavé, réagit faiblement sur la potasse. Il était naturel de se demander si, à côté de BF^4K, on ne précipitait pas en même temps un autre fluoborate de potassium rapidement décomposable par les alcalis comme SiF^6K^2. D'autres raisons rendaient très vraisemblable l'existence de cette nouvelle catégorie de fluoborates.

Pour essayer d'élucider la question, nous avons pensé à étudier les solutions de BF^4H et les mélanges $BO^3H^3 + 4HF$. Un travail analogue a déjà été publié en 1903 par Abegg et Herz (²); d'accord avec ces auteurs sur l'allure des phénomènes observés, nous leur donnons une interprétation nettement différente.

I. *Étude des solutions de* BF^4H *et de leur évolution avec le temps.* — Nous avons préparé BF^4H par action de la quantité juste nécessaire de SO^4H^2 sur $(BF^4)^2Ba$ en solution aqueuse.

(¹) Séance du 22 octobre 1928.

(²) *Zt. f. anorg. Chem.*, 35, 1903, p. 129.

a. Si l'on titre à la potasse, immédiatement après sa préparation, une solution de cet acide, en présence de phénolphtaléine, on obtient un virage très net même en présence de mannite, quand on a versé une molécule de potasse pour une molécule de BF^4H; on a formé le sel BF^4K, non décomposable par la potasse.

b. Les solutions de BF^4H subissent une évolution avec le temps; si en effet on titre dans les mêmes conditions à des intervalles de temps croissants une même quantité d'une solution initiale identique, la quantité de potasse nécessaire pour obtenir un virage *stable* de l'indicateur croît avec le temps.

c. La réaction est une réaction d'équilibre, car au bout d'un temps déterminé, la quantité de potasse nécessaire à la neutralisation ne varie plus.

A l'équilibre, la proportion de BF^4H décomposé est d'autant plus grande que la dilution de la solution initiale l'est elle-même.

II. *Étude des mélanges* $BO^3H^3 + 4HF$. — Si l'on étudie de la même façon des mélanges ayant la composition $BO^3H^3 + 4HF$, on constate qu'ils voluent aussi avec le temps, pour aboutir finalement à un état d'équilibre.

Si on les titre en présence de mannite immédiatement après leur préparation, on vérifie que la quantité de potasse correspond à la réaction

$$(1) \qquad BO^3H^3 + 4HF + 5KOH = BO^2K + 4KF + 6H^2O.$$

Puis, au cours de l'évolution du mélange, la quantité de potasse nécessaire pour atteindre la neutralité à la phtaléine en présence de mannite, décroît, ce qu'on interprète simplement dans l'hypothèse qu'il se forme BF^4H en proportion croissante; la neutralisation d'une molécule de BF^4H ne consomme en effet qu'une molécule de potasse, tandis que (1) en consomme cinq.

On atteint également dans ce cas un état d'équilibre au bout d'un certain temps.

La formation de BF^4H à partir des solutions de BO^3H^3 et de HF est donc lente à froid, et n'est jamais totale. La vitesse avec laquelle on atteint l'équilibre, et la proportion de BF^4H formée à l'équilibre, croissent avec la concentration des corps réagissants, et avec l'acidité initiale du mélange.

Nous avons vérifié que la proportion de BF^4H à l'équilibre est la même, qu'on parte de BF^4H pur ou de $BO^3H^3 + 4HF$, toutes conditions égales d'ailleurs.

Abegg et Herz avaient montré par des mesures de cryoscopie et de conductibilité qu'il se produit une réaction *instantanée* entre BO^3H^3 et HF; nous

avons construit la courbe de neutralisation d'un mélange $BO^3H^3 + 4HF$, aussitôt après sa préparation; elle est fort différente de celle de BF^4H, et présente une tangente d'inflexion très inclinée vers $pH = 4$, quand on a neutralisé la moitié environ du mélange en $BO^2K + 4KF$. Ce mélange renferme donc bien un corps nouveau, mais différent de BF^4H.

Les mêmes auteurs avaient également observé une évolution du mélange avec le temps, mais ils ne l'attribuèrent pas à la formation lente de BF^4H, qu'ils supposent au contraire se former immédiatement et se transformer ensuite. Nous discuterons dans un Mémoire détaillé le procédé d'analyse du mélange utilisé par eux.

Ainsi BO^3H^3 réagit instantanément sur HF pour donner un acide fluoborique différent de BF^4H, et dont le sel est facilement décomposable par les alcalis; BF^4H se forme ensuite *lentement* dans le milieu obtenu, jusqu'à ce qu'on atteigne un état d'équilibre entre les deux acides fluoboriques.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la formation de l'alcool allylique. Préparation de formines de la glycérine.* Note [1] de MM. **Raymond Delaby** et **Pierre Dubois**, présentée par M. A. Béhal.

Il y a une quinzaine d'années, on admettait le mécanisme suivant de formation de l'alcool allylique à partir de la glycérine et de l'acide oxalique : décomposition d'une monoxaline en monoformine avec perte de CO^2, et de celle-ci en alcool allylique, CO^2 et H^2O; simultanément, déplacement de l'acide formique de la monoformine par l'acide oxalique, dont le coefficient d'ionisation est plus élevé, et estérification partielle de l'alcool. On obtient en effet finalement de l'alcool allylique et du formiate d'allyle.

Divers auteurs [2] se sont donc préoccupés de substituer l'acide formique à l'acide oxalique dans cette préparation et ils ont toujours envisagé la formation intermédiaire d'une monoformine.

Mais en 1914, Chattaway [3] réussit à élucider, avec toute la précision désirable, le processus de l'action de l'*acide oxalique* sur la glycérine. Nous nous bornerons à indiquer la réaction principale : il se fait une dioxaline

(1) Séance du 22 octobre 1928.

(2) A. Koehler, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 13, 1913, p. 1104. — A. Hoff, *Oversigt kgl. Danske Vidensk. Selsk. Forh.*, 1915, p. 199, d'après *Chem. abstracts*, 10, 1916, p. 1035. — O. Kaum et C. S. Marvel, *Organic syntheses*, 1, p. 15.

(3) F.-D Chattaway, *Journ. Chem. Soc.*, 105, 1914, p. 152, et 107, 1915, p. 407.

neutre que la chaleur décompose en alcool allylique et CO^2 :

$$\begin{matrix} CH^2 - & - CH - CH^2OH \\ | & | \\ O - CO - CO - O & \end{matrix} \rightarrow 2CO^2 + CH^2 = CH - CH^2OH.$$

D'autre part, dans l'action de l'*acide formique* sur la glycérine, nos premières expériences nous ont montré tout de suite que l'estérification dépassait notablement le stade monoformine, et c'est ce qui nous a incités à entreprendre l'étude du mécanisme de cette réaction, tout différent d'ailleurs de celui indiqué par Chattaway dans le procédé à l'acide oxalique.

En effet, pour mettre en évidence la présence de dioxaline neutre dans le mélange après la première élimination de CO^2, Chattaway fait réagir l'ammoniaque ou l'aniline et obtient de l'oxamide ou de l'oxanilide; et la quantité d'oxamide produite correspond toujours, dans la limite des erreurs d'expérience, à la quantité d'alcool allylique formée. Dans le procédé à l'acide formique, on pouvait penser à la formation intermédiaire d'une diformine, perdant une molécule d'hydrogène et se transformant en dioxaline neutre; celle-ci se serait alors décomposée suivant la réaction exposée précédemment. Mais l'estérification par l'acide formique n'est accompagnée d'aucun dégagement gazeux, et l'action de l'aniline sur le mélange réactionnel nous a donné de la formanilide à l'exclusion d'oxanilide. C'est donc bien la décomposition des formines qu'il faut envisager dans cette réaction.

Dans ce but, nous avons isolé d'une part, une monoformine et une diformine du produit de l'estérification de la glycérine par l'acide formique, et préparé d'autre part, la monoformine 1 et les diformines 1.2 et 1.3 de la glycérine; ces composés seront décrits dans la présente Note. Nous verrons prochainement comment chacune de ces formines se décompose sous l'action de la chaleur. Les conclusions de cette étude nous ont permis de préparer l'alcool allylique au moyen de l'acide formique avec des rendements notablement supérieurs à ceux de tous les procédés décrits jusqu'ici.

I. *Formines d'estérification.* — La glycérine à 30°B. est traitée par l'acide formique à 87,6 pour 100 suivant les indications de Kœhler (¹).

Un fractionnement soigné, dans le vide, en utilisant dès le second tour une rentrée capillaire de gaz carbonique sec, a permis d'isoler entre autres fractions, mélanges en proportions variables de mono et de diformines :

1° *Une monoformine* distillant entre 154 et 157° sous 10mm, renfermant 38,09 pour 100 d'acide formique combiné pour 38,3 calculé, $D_0^0 = 1,3052$; $N_D^{12,5} = 1,4614$; R. M. trouvé, 25,47; calculé, 25,42;

2° *Une diformine* en quantité prépondérante, distillant entre 148 et 149°

(¹) *Loc. cit.*

sous 15^{mm}, titrant 62,05 pour 100 d'acide formique pour 62,16 calculé. $D_0^0 = 1,3209$; $N_D^{23,4} = 1,4492$; R. M. trouvé, 30,56; calculé, 30,37.

Nous n'avons pas isolé de triformine; M. Wahl (¹) est également arrivé à une diformine en éliminant l'eau au moyen d'un mélange azéotropique.

II. *Formines obtenues par action du formiate de sodium sur les halohydrines de la glycérine.* — Avec la monochlorhydrine 1, nous avons obtenu de la *monoformine* 1; elle n'est pas stable comme la monoformine d'estérification et se décompose à 150° dans le vide comme l'avait déjà observé Van Romburgh (²). Nous avons essayé de la débarrasser au moyen de solvants appropriés des produits accessoires de la réaction : parmi ceux-ci, la glycérine n'a pu être complètement éliminée et le composé isolé titrait 87 pour 100 en monoformine.

La *diformine* 1.3 a été préparée au moyen de la dichlorhydrine symétrique. Elle bout à 144-146° sous 11^{mm}; elle est très hygroscopique, très soluble dans l'alcool et l'acétone, peu soluble dans l'éther et insoluble dans le benzène. $D_0^0 = 1,3218$; $N_D^{18,3} = 1,4486$; R. M. trouvé, 30,40. L'indice de saponification est théorique.

La *diformine* 1.2, obtenue au moyen de la dibromhydrine 1.2, bout à 151-153° sous 17^{mm} et présente les mêmes caractères de solubilité que son isomère 1.3. $D_0^0 = 1,3252$; $D_0^{17} = 1,3214$; $N_D^{17} = 1,4503$; R. M. trouvé, 30,32.

Les rendements de ces opérations, d'ailleurs fort longues, sont extrêmement médiocres : mais, sauf dans le cas de la monoformine, le but a été atteint, à savoir l'obtention d'espèces pures de constitution bien déterminée. Quel que soit le rendement de la décomposition en alcool allylique des formines ainsi obtenues, il ne faudrait pas songer à faire de l'action du formiate de sodium sur les halohydrines une méthode avantageuse de préparation de cet alcool.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Corrélation entre l'antagonisme positif et l'absorption par le végétal.* Note de MM. **L. Maume** et **J. Dulac**, présentée par M. Molliard.

Nous avons vu dans une Note précédente (³) les expériences qui nous ont permis de faire l'hypothèse d'après laquelle la toxicité d'un mélange

(¹) A. Wahl, *Bull. Soc. chim.*, 4ᵉ série, 37, 1925, p. 717.
(²) Van Romburgh, *Rec. Trav. chim. Pays-Bas*, 1, 1882, p. 186.
(³) *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 668.

d'électrolytes paraissait être une fonction de leur état d'ionisation, toutes choses étant égales d'ailleurs.

Nous avions admis que la pression des ions au contact de la racine diminuait dans le cas d'un antagonisme positif, restait le même dans le cas d'un antagonisme nul, augmentait dans le cas d'un antagonisme négatif. Une vérification *a posteriori* de cette hypothèse consiste à chercher, par l'analyse du végétal, si sa teneur en un des éléments du mélange varie dans le même sens que la pression de cet ion dans la solution.

En ce qui concerne l'antagonisme positif, nous nous sommes posé le problème de la façon suivante :

Dans une série de solutions contenant deux sels, l'un à une concentration invariable, l'autre à une concentration de plus en plus grande, quelle est l'influence des doses croissantes du second sur l'absorption du premier ?

A cet effet nous avons constitué avec $CaCl^2$ 0,01 N et NaCl — $(NO^3)^2Ca$ 0,005 N et NO^3Na — SO^4Ca 0,005 N et SO^4K^2 — $CaCl^2$ 0,002 N et NaCl, les mélanges suivants :

	Vol. équiv.
1. Solution calcique seule	(témoin)
2. Solution calcique + substance ajoutée	2000
3. » + »	1000
4. » + »	300
5. » + »	100
6. » + »	20
7. » + »	10
8. » + »	5

Suivant la technique courante, nous avons fait végéter un même poids de grains de blé dans ces solutions contenues dans des tubes de culture spéciaux (nous aurons l'occasion de décrire ailleurs la méthode employée). Il importe toutefois de rappeler que les solutions ont été renouvelées dans les tubes très régulièrement tous les jours. Après un certain temps de végétation, les feuilles de blé ont acquis un développement suffisant; elles sont coupées, lavées rapidement à l'eau distillée et séchées en vue de l'analyse.

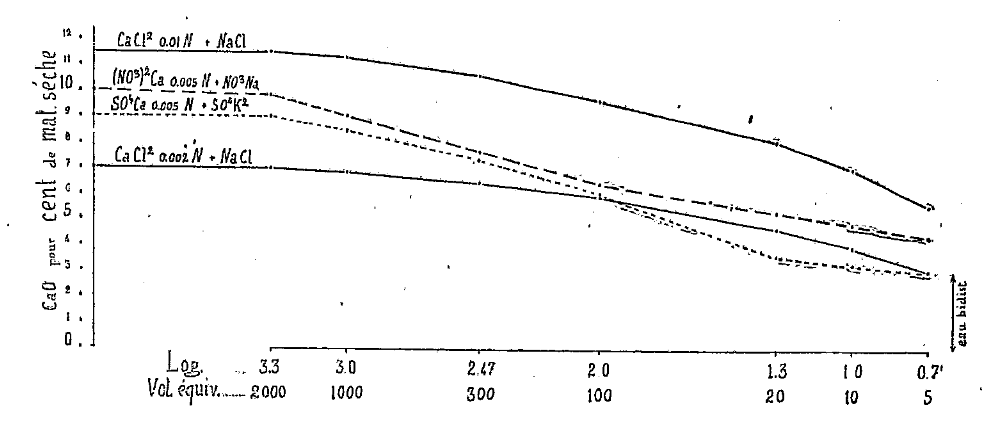
Résultats. — Le dosage du calcium dans les feuilles de plusieurs séries de cultures identiques a donné des moyennes qui ont été portées sur le graphique en fonction des volumes équivalents de la substance ajoutée.

Conclusions. — L'examen du graphique [1] permet de reconnaître que :

1° *En présence d'une même quantité d'un sel de chaux, et dans les condi-*

[1] Dans le graphique ci-contre, lire CaO pour *mille*, et non CaO pour *cent*.

tions où nous nous sommes placés, le blé absorbe des quantités de calcium variables avec la concentration de l'autre élément.



2° *A l'égard de ces sels de chaux, la substance ajoutée a un rôle inhibiteur.*

3° *Pour des concentrations de la substance ajoutée qui vont de* N/2000 *à* N/5, *la série des teneurs en* CaO *des feuilles de blé est une fonction décroissante des logarithmes des volumes équivalents de cette substance.*

On peut observer en outre que pour certains mélanges le pouvoir inhibiteur du second sel à l'égard du premier est tel qu'à la concentration N/5, il arrive à empêcher toute absorption de calcium. Dans ce cas en effet la teneur en CaO est la même que dans un lot de plantes ayant poussé dans l'eau bidistillée.

Tels sont les faits que nous avons jugé opportun de signaler à propos de l'absorption par le végétal d'un mélange de sels présentant un antagonisme positif. Nous pensons qu'il doit y avoir là une application de la loi d'action de masse, application délicate par suite des propriétés spéciales des membranes végétales, et où il y aurait peut-être lieu de faire intervenir les potentiels de Donnan, dont Lœb a mis en valeur l'importance dans le cas des colloïdes.

ZOOLOGIE. — *Sur le cycle évolutif des Rhizocéphales du genre* Chlorogaster. Note de M. **Charles Pérez**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

O. Duboscq a suggéré [1] de faire, parmi les Rhizocéphales parasites des Pagures, une coupure générique, et, conservant le nom ancien de *Pel-*

[1] *Arch. Zool. esp. gén.*, 5e série, 9, 1912, N. et R., p. IV-XV.

togaster pour les espèces à sac viscéral unique et à racines vertes (*P. paguri* Rathke par exemple), il a proposé le nom de *Chlorogaster* pour les espèces dites grégaires, c'est-à-dire caractérisées par la présence simultanée, sur chaque hôte infesté, de plusieurs sacs externes semblables, ayant chacun leur système propre de racines jaunâtres (par exemple le *Chl. sulcatus* qui parasite assez fréquemment sur nos côtes l'*Eupagurus cuanensis* Thompson).

A ces caractères immédiatement distinctifs on en pourrait ajouter d'autres tirés de l'allure de la ramification et de la structure histologique des racines. Mais c'est surtout par leur cycle évolutif que les deux types s'opposent complètement l'un à l'autre. Identique à celle d'une Sacculine (Delage, G. Smith), l'histoire d'un *Peltogaster* n'a pas besoin d'être ici rappelée. Les *Chlorogaster*, en raison de la multiplicité des sacs viscéraux, ont été souvent qualifiés de sociaux ou de grégaires; mais ces épithètes ne sont sans doute pas très bien choisies, car elles éveillent l'idée d'une convergence associative d'individus distincts; or celle-ci apparaît comme bien peu vraisemblable. Les sacs viscéraux multiples observés sur un même hôte, étant en effet toujours exactement au même stade, doivent être aussi du même âge, mais on conçoit mal que les quelques hôtes parasités soient toujours infestés d'une manière multiple par plusieurs *Cypris* venant s'inoculer simultanément, tandis que la majorité des individus de l'espèce hospitalière resteraient complètement indemnes.

On est donc conduit à imaginer que l'infestation primitive a dû avoir lieu par une *Cypris* unique, mais que la masse parasitaire devenue interne s'est morcelée d'une manière précoce en un certain nombre de fragments autonomes, qui ont ensuite évolué côte à côte d'une manière synchrone. Et si cette hypothèse, formulée pour la première fois par Smith, n'a point encore été confirmée par des observations précises, elle apparaît néanmoins comme de beaucoup la plus plausible. Les *Chlorogaster* seraient ainsi caractérisés par une sorte de polyembryonie fort remarquable, succédant à une première étape, unipersonnelle, de la vie, sous forme de larve nageuse, *Nauplius* et *Cypris*.

D'un autre côté, chez les *Peltogaster*, exactement comme chez les Sacculines, pendant que se poursuit, dans la cavité palléale, l'incubation d'une ponte donnée, la masse viscérale apparaît distendue par un ovaire volumineux où s'élabore manifestement la ponte prochaine; et à peine les *Nauplius* ont-ils été libérés depuis quelques heures, que se produit une nouvelle émission d'œufs venant prendre leur place. Chez les *Chlorogaster*, au contraire, pendant que se fait l'incubation des embryons, la masse viscérale

reste très réduite; l'ovaire y est plutôt rudimentaire ou présente même des phénomènes atrophiques; il est manifestement impossible qu'une nouvelle ponte succède à bref intervalle à l'émission des *Nauplius*.

J'ai vu, au contraire, leur cavité incubatrice une fois vidée, les sacs viscéraux achever de se flétrir et bientôt tomber en se désarticulant au niveau de leur collet d'insertion. Chaque sac viscéral n'incuberait ainsi normalement qu'une seule ponte.

Mais cette chute ne provoque pas, comme elle le ferait chez un *Peltogaster*, le début de la résorption des racines, c'est-à-dire le terme naturel de l'évolution du parasite, annonçant pour l'hôte une guérison libératrice. Les racines persistent, au contraire, parfaitement vivantes, et, sous chaque cicatrice sigillaire qui marque la trace d'insertion d'un sac viscéral tombé, le système radiculaire correspondant régénère un nouveau sac viscéral. Lorsqu'au bout d'un certain temps le Pagure vient à muer, la cuticule exuviée entraîne les cicatrices, mais laisse apparaître dans la cuticule nouvelle autant de petites fenêtres rondes, exactement distribuées aux mêmes places, et par lesquelles, en quelques heures, les sacs viscéraux régénérés passent à l'extérieur et acquièrent leur forme et leur situation normale, début d'une nouvelle évolution synchrone. Au cours de l'été dernier, des observations concordantes ne laissant aucun doute ont été faites à Roscoff pour le *Chlorogaster sulcatus*, denx fois par moi-même, puis une troisième fois, sur mes indications, par mon élève Mlle Th. Cabanes.

Ainsi, chez les *Chlorogaster*, les pontes successives sont formées et incubées dans des sacs viscéraux régénérés, se substituant exactement à chaque fois, en nombre et en situation, à ceux de la poussée précédente; si cette blastogénèse aux dépens d'un système persistant de racines rappelle un peu les processus décrits chez les *Thompsonia*, la régénération sur place, conservant la fixité du nombre issu de la multiplication polygerminale primitive, constitue une spécialisation plus évoluée, et dont on ne connaissait jusqu'ici aucun exemple dans l'histoire des Rhizocéphales.

On voit, par ce qui précède, combien se justifie l'indépendance générique des *Chlorogaster* et combien ils apparaissent, par leur cycle évolutif, plus éloignés des *Peltogaster* que la seule anatomie de leurs sacs viscéraux n'aurait permis de le supposer.

PSYCHOLOGIE ANIMALE. — *La psychologie de* Culex pipiens. Note de M. **J. Legendre**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Pour mes études sur la biologie de *Culex pipiens* j'ai souvent eu l'occasion de capturer, à Portrieux ou à Pons, des spécimens de ces insectes venant de faire un repas de sang dans un poulailler. Je les plaçais dans un petit flacon ou un tube à essai contenant de 1 à 3^{cm^3} d'eau destinée à recevoir la ponte et fermé par un tissu léger ou un tampon de coton perméables à l'air. Dans ces conditions, selon que le repas de sang datait du jour même ou de la veille de la capture, la digestion se terminait en deux ou trois jours et la ponte suivait, en général, à deux jours d'intervalle, à la température favorable de l'été. Les deux actes physiologiques de la digestion et de la reproduction exigeaient de quatre à six jours. Ce sont là des faits bien connus des entomologistes et des biologistes ayant étudié les Culicides.

Au cours de l'été dernier, de fin juillet à fin septembre, exécutant dans des conditions postales quelques essais de transport d'imagos de *C. pipiens*, zoophile misanthrope pris dans un poulailler après un repas de sang, je les enfermais en milieu presque sec. Je n'indiquerai ici que les résultats sur la ponte.

Neuf femelles de *C. pipiens* ainsi détenues n'émirent pas leurs œufs dans les délais habituels. Je gardai ainsi ces femelles ovigères pendant 25 à 30 jours, la masse des œufs mûrs donnait à leur abdomen l'aspect crémeux qui annonce la ponte imminente. Soupçonnant qu'elles attendaient de l'eau pour mettre à jour leurs œufs, je les plaçai isolément dans un flacon contenant une couche d'eau de quelques centimètres. Elles disposèrent alors leur nacelle d'œufs à la surface de l'eau, l'une après une demi-heure seulement, six après 24 heures, deux après 48 heures.

Pour l'acte final de la reproduction, les femelles de *C. pipiens* n'obéissent donc pas à un automatisme physiologique. En pleine saison favorable à la ponte, si elles n'ont pas à leur disposition l'eau nécessaire, l'émission des œufs à sec, qui amènerait la mort des larves y contenues, ne se produit pas. La femelle ne se libère de la masse volumineuse qu'est la nacelle de 200 à 300 œufs qui encombre son abdomen que quand les conditions lui paraissent propices à sa progéniture. L'émission des œufs est donc chez elle un acte volontaire, contrairement à ce qui existe chez les animaux supérieurs vivipares ou ovipares qui doivent s'exécuter quand le terme est arrivé, ou même de façon prématurée et indépendamment de leur volonté.

L'éclosion des œufs de ces neuf femelles se fit dans les délais normaux, en quarante-huit heures, ils n'avaient donc pas souffert de leur gestation prolongée.

Pour vérifier qu'il s'agissait bien d'un fait exceptionnel provoqué par des conditions particulières, je capturai plusieurs femelles gorgées, dans le même poulailler, et les mis en captivité dans de petits flacons, cette fois pourvus d'eau. La durée de leur digestion et de leur ponte furent ce qu'elles sont d'habitude, de quatre à six jours.

Mon attention étant désormais attirée sur les exigences de la femelle ovigère de *C. pipiens* en captivité, je recherchai l'occasion d'observer le même fait en liberté, dans la nature. Au fond d'une baille où macéraient des feuilles dans une minime quantité d'eau, des larves et des pupes de *C. pipiens* rampaient, sur le point de venir à sec. En ajoutant de l'eau jusqu'à une hauteur de 15^{cm}, je constatai qu'il n'y avait aucune nacelle d'œufs dans la baille, mais uniquement les larves déjà grandes et les pupes déjà mentionnées. Le lendemain matin quatre pontes flottaient à la surface; il avait suffi, en ajoutant de l'eau, de rétablir les conditions exigées pour la ponte pour la provoquer chez quatre femelles.

Quelle peut-être la durée de la prolongation volontaire de cette gestation, peut-elle se prolonger *in extremis ?*

La femelle de *C. pipiens*, qui meurt ordinairement le jour ou le lendemain de la ponte, ne cherche pas, par cette rétention volontaire de ses œufs, à prolonger son existence puisqu'elle pond, même en captivité, quand elle a de l'eau à sa disposition. A-t-elle la conscience, même vague, que sa mort suivra de près l'acte final de sa fonction de reproduction ? Les mâles d'abeille, dont l'essaim poursuit la reine vierge dans son vol nuptial, entrevoient-ils le sort réservé à celui qui la fécondera ?

Qu'on l'explique par l'intelligence ou par l'instinct, la femelle de *C. pipiens* sait que ses œufs ne résistent pas à la dessiccation, que s'ils ne sont pas déposés sur l'eau ou sur un support humide, les larves périssent vite. On ne s'expliquerait pas autrement les faits de prolongation volontaire de la gestation.

Chez les moustiques, dont les aptitudes à la pullulation sont déjà si grandes, dont les générations se succèdent tous les quinze jours, la rétention volontaire des œufs ne semblait pas nécessaire à la conservation de l'espèce. Il s'agit ici d'une race zoophile de *C. pipiens*, mais il est probable que les variétés de la même espèce qui se nourrissent sur l'homme jouissent de la même faculté.

En dehors de ces considérations philosophiques, la conclusion pratique à tirer de ces observations est que le moyen qui semble le plus simple et le plus sûr pour transporter des *C. pipiens* à de longues distances est de transférer dans des conditions spéciales des femelles ovigères qui effectueront leur ponte à destination.

M. **Marcel Baudouin** adresse une Note relative à la *Découverte d'une Représentation d'un Buste humain en Médaillon sur un Rocher sous-marin à sculptures de l'Age de la Pierre polie.*

M. **A. L. Herrera** adresse une Note *Sur l'imitation des formes organiques avec l'albumine et les acides minéraux.*

La séance est levée à $16^h 30^m$.

E. P.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 5 NOVEMBRE 1928.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE HAMY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIQUE. — *Remarques sur la diffusion de la lumière et des ondes hertziennes par les électrons libres.* Note de M. **Ch. Fabry.**

Un électron placé sur le trajet d'un faisceau de radiations électromagnétiques prend un mouvement vibratoire sous l'action du champ électrique de l'onde, et rayonne à son tour dans toutes les directions. Le phénomène ressemble à la *diffusion moléculaire*, qui peut être regardée comme due aux charges électriques contenues dans la molécule; mais les forces agissant sur ces charges ne sont pas les mêmes dans les deux cas, et les lois des deux phénomènes sont différentes. Tandis que la diffusion moléculaire est d'autant plus intense que la fréquence est plus élevée (loi en λ^{-4} de Lord Rayleigh), l'électron libre doit donner, pour une même intensité d'onde incidente, une intensité de rayonnement diffusé indépendante de la fréquence.

Le calcul de cette diffusion a déjà été fait plusieurs fois; si l'on suppose applicables les lois de la mécanique et de l'électrodynamique classiques, sans intervention de quanta, le résultat peut être mis sous la forme simple suivante.

Le système d'ondes planes incident transmet de l'énergie; à travers une aire prise dans un plan d'onde est transmise une quantité d'énergie par seconde, ou *puissance*, proportionnelle à cette aire. Si un électron est interposé sur cette onde, il diffuse une certaine puissance que l'on peut exprimer en calculant l'aire du plan d'onde qui transmettrait cette même puissance.

On trouve pour cette aire la valeur

$$\sigma = \frac{8\pi}{3} \frac{e^4}{m^2}$$

en désignant par e la charge de l'électron et m sa masse.

D'autre part, en regardant l'électron comme une bulle sphérique infiniment mince, son rayon est

$$a = \frac{2}{3} \frac{e^2}{m}$$

et la surface de son grand cercle est

$$\sigma' = \frac{4\pi}{9} \frac{e^4}{m^2}.$$

Les deux quantités σ et σ' sont de même ordre de grandeur; d'une manière plus précise on a

$$\sigma = 6\sigma'.$$

On peut, d'une manière très abrégée, exprimer ce résultat sous la forme suivante : l'électron libre diffuse six fois l'énergie qu'il intercepte.

Numériquement, on a

$$a = 1,9 \times 10^{-13}\,\text{cm}.$$

On en déduit que l'électron libre diffuse l'énergie que transmet l'onde à travers une surface

$$\sigma = 6\pi a^2 = 6,8 \times 10^{-25}\,\text{cm}^2.$$

Ces résultats sont indépendants de la longueur d'onde; ils s'appliquent aux ondes employées en radiotélégraphie aussi bien qu'aux radiations lumineuses. Mais dans la réalité, les ondes rencontrent non pas un électron mais un très grand nombre d'électrons répandus dans l'espace. Il faut alors composer les effets de ces charges, et le résultat peut être très différent selon les cas.

Pour les radiations lumineuses dont la longueur d'onde est très petite, il n'y a aucune relation de phase entre les ondes élémentaires envoyées par les différents électrons d'un volume même petit, et ce sont les intensités qui s'ajoutent; si alors un certain volume contient un nombre total n d'électrons, la puissance qu'il diffuse est celle que transmet une aire $S = n\sigma$. Avec les degrés d'ionisation qui peuvent réellement exister, la diffusion de la lumière par les électrons est toujours très faible; c'est ainsi qu'elle ne

joue aucun rôle appréciable dans la production de la lumière du ciel diurne [1].

Il peut en être tout autrement pour les ondes employées en télégraphie sans fil, dont la longueur d'onde est très grande. Tous les électrons contenus dans un grand volume prennent alors des mouvements concordants; ils envoient dans l'espace des ondes dont les *amplitudes* s'ajoutent, donnant une intensité énormément plus grande que la somme des intensités qui seraient produites par les charges individuelles. Si les perturbations envoyées par quelque autre région de l'espace ne détruit pas celle que nous considérons, une onde intense pourra être produite par un nombre relativement faible d'électrons. Selon les cas, on pourra obtenir une véritable réflexion régulière sur région ionisée de l'espace, ou une diffusion importante dans tous les sens.

Imaginons, par exemple, qu'un volume fini contienne des électrons libres, mais que les plus grandes dimensions de ce volume soient nettement plus petites que la demi-longueur d'onde; par exemple, pour une longueur d'onde de 1^{km} ce volume sera contenu dans une sphère dont le diamètre n'excède pas une centaine de mètres. Tous les électrons contenus dans ce volume prennent des mouvements sensiblement concordants, et envoient dans une direction quelconque des perturbations concordantes; si n est le nombre total des électrons contenus dans le volume considéré, l'intensité dans chaque direction est celle que donne un électron, multipliée par n^2, et la puissance totale diffusée est celle qui est transmise à travers la surface $n^2\sigma$, tandis que pour des radiations lumineuses cette surface serait $n\sigma$. On a ici un cas de diffusion dans tous les sens, produite par un volume ionisé dont toutes les dimensions sont petites par rapport à la longueur d'onde.

Supposons maintenant que la répartition des électrons soit en couches horizontales; le nombre d'électrons par unité de volume sera fonction seulement de l'altitude z, mais ce nombre est nul en dehors des limites z_0 et z_1 de l'altitude, et l'épaisseur de cette couche ionisée est nettement petite par rapport à la demi-longueur d'onde. Dans le sens horizontal, ces couches d'égale ionisation s'étendent sur un grand nombre de kilomètres carrés. Si sur cet ensemble tombe un faisceau se propageant verticalement de bas

(1) La diffusion par les électrons peut cependant être invoquée pour expliquer certains phénomènes astrophysiques (voir à ce sujet un travail de M. Dufay, *Thèse de doctorat*, Paris, 1928, et *Annales de l'Observatoire de Lyon*, 10, n° 9, p. 1, septembre 1928) dans lequel on trouvera une bibliographie de la question.

en haut (plan d'onde horizontal) il y aura une véritable réflexion régulière vers le bas, les perturbations envoyées dans cette direction étant concordantes tandis qu'elles ne le sont pas dans les autres directions. La puissance totale ainsi réfléchie (et non plus diffusée) croît encore comme le carré du nombre total d'électrons contenus dans la couche ionisée.

Entre ces deux cas extrêmes (diffusion complète et réflexion régulière) tous les cas intermédiaires sont possibles; on les trouvera par exemple en supposant une couche peu épaisse mais de dimensions horizontales qui ne soient pas très grandes par rapport à la longueur d'onde; on a alors des phénomènes analogues à ceux que produirait un miroir limité à des dimensions de l'ordre de la longueur d'onde, où la réflexion se complique de diffraction.

Enfin, pour une couche dont l'épaisseur n'est pas petite par rapport à la demi-longueur d'onde, il peut encore y avoir réflexion régulière, plus ou moins intense selon la distribution des électrons dans l'épaisseur de la couche, et variable avec la longueur d'onde. Il pourra se produire des phénomènes analogues à ceux que présentent les « lames minces » en optique, avec cette différence qu'une couche de plusieurs kilomètres d'épaisseur peut ici jouer le rôle de « lame mince ». Si l'onde incidente n'est pas rigoureusement « monochromatique », il peut y avoir réflexion inégale des diverses fréquences et changement apparent de longueur d'onde par réflexion.

Pour expliquer les curieux effets que l'on constate dans la propagation des ondes, on avait surtout considéré jusqu'ici des phénomènes de *réfraction*. Tout récemment, M. Jouaust [1] a attiré l'attention sur l'importance que peut avoir la *diffusion* par les électrons. C'est en réfléchissant aux conséquences de cette intéressante idée que je suis arrivé aux conclusions que je viens d'exposer. Le résultat le plus important me paraît être celui-ci : en tenant compte de la concordance de phase entre les électrons vibrant dans un assez grand volume, il peut y avoir soit diffusion, soit réflexion plus ou moins régulière, sans que le nombre des électrons soit extrêmement élevé.

Mes calculs ne constituent d'ailleurs qu'une première et assez grossière approximation. J'ai implicitement supposé que l'énergie enlevée à l'onde incidente reste assez faible pour que l'on puisse considérer tous les électrons comme soumis à la même perturbation. J'ai négligé l'effet des chocs entre électrons et molécules qui, comme l'a montré Larmor, produit une absorp-

---

(1) *Comptes rendus*, **187**, 1928, p. 208.

tion d'énergie. Enfin, si les électrons participent au mouvement d'agitation moléculaire, il doit y avoir un effet Doppler qui modifiera les lois de la diffusion et pourra transformer un rayonnement monochromatique en un élément de spectre continu.

GÉOLOGIE. — *Le Pic de Rébenacq et ses roches éruptives.* Note de M. **H. Douvillé.**

Dans le département des Basses-Pyrénées on distingue en avant de la chaîne principale une région très pittoresque de collines peu élevées, constituées par les formations tertiaires et crétacées. Çà et là au travers de ces couches on voit apparaître, dans des sortes de boutonnières ou de fenêtres, des terrains plus anciens, presque toujours le Trias; il est accompagné de roches éruptives, tantôt des massifs d'ophite, également triasique, et tantôt des roches plus récentes, traversant en filons le Crétacé; M. A. Lacroix les rapproche des berondrites de Madagascar, et reconnaît en outre qu'elles présentent quelquefois la structure ophitique, d'où des confusions possibles avec les ophites vraies.

J'ai eu l'occasion d'étudier cette année un de ces gisements, près du village de Rébenacq; le Trias y est accompagné de Jurassique et les calcaires du Crétacé inférieur sont relevés jusqu'à la cote 520, dominant de plus de 200^{m} la vallée du Neez et la route de Gan; c'est le Pic de Rébenacq.

A l'Ouest Seunes a décrit des roches éruptives traversant le Trias et le Crétacé, tandis que plus récemment (1924) Viennot signalait l'ophite à l'est du Pic, dominant les affleurements du Jurassique, qu'il avait découverts sur le versant Sud-Est.

Une reconnaissance très serrée de la région, sur le plan cadastral au $\frac{1}{2500}$ m'a permis de reconnaître que les affleurements des roches éruptives étaient beaucoup plus nombreux et qu'ils formaient une série de filons NNW comme les couches elles-mêmes; il ne faut pas oublier qu'ils ont été replissés avec elles.

Ces roches sont très fréquemment et irrégulièrement décomposées; au milieu de masses devenues sableuses ou terreuses on rencontre des boules qui s'écaillent progressivement, laissant au centre un noyau mieux conservé et très dur. Dans ces divers gisements on peut distinguer deux sortes de roches, grenues et microlithiques, comme Seunes l'avait déjà indiqué.

Dans les premières la consolidation semble s'être faite en deux temps,

d'abord formation de cristaux de pyroxène titanifère, généralement craquelés et souvent repris en fragments au moment de la prise en masse de la roche, par la cristallisation du feldspath et de la hornblende brune barkévicitique. Comme je l'ai dit plus haut, ces roches ont été étudiées par A. Lacroix (1920) et il en signale, notamment aux environs de Rébenacq, qui sont de type nettement ophitique et ont pu être prises pour des ophites normales; elles s'en distinguent cependant, dit-il, par la nature titanifère de leur pyroxène, non ouralitisé, et par la présence de la hornblende barkévicitique.

Cette ressemblance avec les ophites est encore bien plus marquée avec les roches microlithiques du deuxième groupe, qui sont caractérisées par la disparition quelquefois complète de la hornblende brune. Les échantillons sont alors presque entièrement formés de minces cristaux de labrador, refoulant dans leurs intervalles des débris du pyroxène primitif. C'est alors une dolérite dans laquelle, comme l'a reconnu A. Lacroix, le pyroxène est par places transformé en calcite. La structure est nettement enchevêtrée, intersertale. Il est curieux de constater que dans ces roches à Rébenacq, le labrador est beaucoup mieux conservé, plus frais qu'il ne l'est d'habitude.

Les filons sont d'épaisseur très variable depuis 2 jusqu'à 50^{m} et il est probable que dans ce dernier cas ils doivent constituer de véritables laccolites.

Les deux sortes de roches sont souvent associées dans un même filon, le type fin microlithique constituant les parties minces ou seulement le toit dans les filons épais, et dans ce cas on voit la roche passer au-dessous au type grenu normal; on sait que la texture microlithique indique que la roche s'est refroidie et solidifiée brusquement.

Je passerai rapidement en revue les filons que j'ai pu reconnaître, en prenant les points de repère suivants : d'abord immédiatement au snd-ouest du Pic la ferme Batlongue, marquée sur la carte au $\frac{1}{80000}$, puis sur le chemin transversal plus au Sud, les trois fermes Carrère, Bourdet et Guédon, cette dernière près de la côte 354; à 300^{m} au Nord-Est, sur un mamelon, la ferme Coig et plus au Nord la ferme Pédecoig (côte 402).

I. Un premier filon à l'Ouest est celui qui avait été signalé par Seunes, un peu au-dessus de la route de Gan, entre les kilomètres 9,8 et 9,9 dans les calcaires dits aptiens; il l'indique comme de texture microlithique enchevêtrée (intersertale). Son prolongement est bien visible actuellement dans le haut de la grande carrière exploitée un peu plus au Nord (kil. 9,6) au milieu du calcaire; c'est un filon d'environ 2^{m} d'épaisseur plongeant assez

faiblement vers le Sud, mais il ne faut pas oublier que le calcaire encaissant plonge de son côté assez fortement vers l'Ouest. La roche éruptive est du type grenu et assez bien conservée, seulement par places. Elle affleure plus au Sud, un peu avant le kilomètre 10,2 à l'entrée du chemin qui monte à Batlongue, au contact des calcschistes aptiens.

II. La roche affleure près de la ferme Carrère, au travers des calcaires noirs, bitumineux, aptiens; elle est visible sur une cinquantaine de mètres dans le talus du chemin, très décomposée et du type grenu. On peut la suivre vers le Nord-Ouest, dans un petit emprunt sur le chemin d'exploitation, où elle est microgrenue et assez bien conservée, puis à la traversée de la haie et enfin dans le talus du chemin neuf de Batlongue où la roche décomposée constitue un filon de 3^{m} environ d'épaisseur, au milieu des calcaires attribués au Jurassique. Elle disparaît un instant dans le pré qui recouvre les schistes aptiens, puis reparaît bien conservée et du type grenu, dans le vieux chemin de Batlongue.

III. La roche éruptive décomposée affleure immédiatement à l'est de la ferme Batlongue, mais elle présente les boules dures habituelles qui ont fourni de bonnes préparations du type intersertal, montrant nettement les débris du pyroxène primitif, refoulés par les cristaux minces de labrador.

J'attribue au même filon un petit dyke de 3^{m} environ d'épaisseur qui affleure au milieu des lapiaz du calcaire aptien à la limite des propriétés Bourdet et Carrère; il est dirigé N 143°E et est formé par une roche noire dure du type intersertal.

IV. Immédiatement au nord-ouest de la ferme Bourdet, on observe au milieu des calcaires très finement cristallins (jurassiques?) un filon d'environ 8^{m} d'épaisseur, de la roche éruptive habituelle, décomposée; on peut le suivre sur 400^{m} le long d'un petit chemin d'exploitation et dans un petit fossé au milieu du pré, jusqu'au vieux chemin abandonné. Il disparaît ensuite pour reparaître à 100^{m} plus loin, au croisement des haies. C'est une roche noire, très dure, du type intersertal; on peut la suivre jusqu'au gisement découvert par Viennot à l'extrémité des calcaires du Pic où elle est remarquablement conservée, et toujours du même type. Mais l'affleurement s'élargit beaucoup et atteint une cinquantaine de mètres, en même temps que la roche passe au type grenu habituel. Ce gisement paraît bien avoir le caractère d'un laccolite et la roche repose sur les schistes aptiens.

Viennot indique que la roche éruptive continue à affleurer sur le versant Nord du Pic et dans cette direction Seunes a signalé à l'ouest de Rébenacq, sous le château de Bitaubé, au contact du Trias et des schistes aptiens, une

roche grenue avec petits cristaux de labrador et de pyroxène, moulés par de grands cristaux d'amphibole. C'est bien le type normal.

V. J'avais d'abord signalé ce gisement au nord de la ferme Guédon, comme une ophite décomposée; on peut suivre le filon à mi-côte, sur la pente raide qui termine le massif du côté de l'Est. Celle-ci est formée d'abord à la ferme Guédon par des calcaires noirs aptiens à petites Exogyres, puis par des dolomies attribuées au Jurassique. Au bas de la côte, à l'ouest de la ferme Pedecoig (côte 402) la roche éruptive toujours décomposée arrive au contact des argiles rouges du Trias supérieur.

VI. Ces mêmes argiles occupent la dépression qui s'étend au Sud jusqu'au point 354; elles forment le sous-sol de la prairie à l'est de la ferme Guédon, et jusqu'aux cargneules signalées par Viennot au sud de la ferme Coig. Celle-ci couronne un mamelon constitué par la roche éruptive grenue, exploitée comme sable, un peu plus loin, au contact des cargneules.

Le champ de filons que je viens de passer en revue semble comme je l'ai indiqué plus haut se prolonger dans la direction Nord-Ouest vers le château de Bitaubé et la route de Bel Air, parrallèlement à la bande de Trias; dans cette partie la direction s'infléchit vers l'Ouest. Vers le Sud les gisements d'ophite que la carte signale sur la route de Sévignac à Nay paraissent devoir être attribués à la même théralite.

Toutes ces roches, comme celles que j'ai étudiées précédemment près de Lasseube, constituent une même unité géologique, soit qu'elles soient grenues, et alors elles ont été rapprochées par A. Lacroix des berondrites de Madagascar (du groupe des théralites), soit que devenant microlithiques, et à texture ophitique intersertale, elles présentent les caractères des dolérites.

BOTANIQUE. — *Une station fongique nouvellement créée dans la forêt de Fontainebleau.* Note de M. J. **Costantin**.

Dans les premières expériences faites en 1924 sur la culture du *Pleurotus Eryngii*, je n'ai volontairement opéré que sur une surface très restreinte, afin de donner au résultat un caractère plus démonstratif (1).

(1) *Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 447; **183**, 1926, p. 1073; *Arch. Mus.*, 6e série, **1**, 1926, p. 73 à 127, 2 pl., 12 fig. dans le texte.

Les Champignons qui ont fait leur apparition ont été forcément peu nombreux, mais ils se sont exactement montrés aux points précis où le semis avait été fait.

On peut être tenté de croire, à cause de la faible importance de la récolte obtenue, que le résultat enregistré n'a qu'un intérêt théorique. Il n'en est rien, comme on va le voir; sa portée pratique est incontestable.

I. *La station productrice se maintient.* — Aux points où la première sortie de Pleurotes avait eu lieu en 1925 (octobre) de nouvelles poussées de ces Champignons se sont produites : en 1926 (27 novembre), en 1927 (14 juillet et octobre) (¹) et en 1928 (fin d'octobre). Ces résultats ont été observés dans la forêt de Fontainebleau (route de Bourgogne).

Dans les Ardennes (Guignicourt-sur-Vence, expériences de M. Caillasse) un résultat analogue a été constaté : un Pleurote est apparu en août 1928, à 1^{m} du point le plus voisin où l'ensemencement avait été fait en 1924. Le mycelium a donc cheminé dans le sol au cours de ces quatre années. Le diamètre d'un chapeau récolté, dans cette dernière station mesurait $8^{cm},5$, il était donc à peu près de taille adulte normale ordinaire (10^{cm}). J'avais autrefois émis l'opinion que les Ardennes étaient peut-être à la limite de la culture possible dans le Nord (les chapeaux étant petits). Il n'en est rien, semble-t-il. D'ailleurs on a signalé autrefois le Pleurote en Hollande.

Après les premières expériences restreintes, il était nécessaire de recommencer sur une plus vaste échelle, afin de voir si la même technique donnait le même résultat.

II. *Nouveaux essais.* — Ils ont été faits par moi, toujours dans la forêt de Fontainebleau (près du pont de la route de Bourgogne), sur une surface plus grande que la première fois, en une station que je pouvais aisément surveiller, car la question de la surveillance est capitale dans ces recherches.

Je désignerai par des lettres les points où l'ensemencement a eu lieu.

(En partant de la route de Samois à Fontainebleau, en allant vers le pont du chemin de fer) :

A, à gauche en avant du pont, point du premier ensemencement en 1924 (aucun semis nouveau n'a été fait);

B, à droite en avant du pont, en suivant le sentier qui longe le chemin de fer; il y a là un triangle dont les bords ont été ensemencés et le bord en face, côté de la Seine; semis fait le 26 mai 1926. Le 14 juillet 1927, j'ai mis un Pleurote récolté en A au milieu du triangle précédent;

C, à droite en avant du pont, en face de A; semis fait une première fois le 8 avril 1926, une deuxième fois à la fin de mai 1926;

D, à droite après le pont; semis en même temps que C;

E, à gauche après le pont; semis en même temps que C;

(¹) *Bull. Muséum*, 38, 1927, p. 543.

F, à gauche après le pont, le long de la route Gaston-Bonnier, le long du chemin de fer; semis 10 avril 1926;

G, en deux points de la route précédente : 1° à l'extrémité près de la route de Bourgogne; 2° à droite, sur une partie plate après la descente en venant du pont; semis fait le 24 juin 1927;

H, en face la route Gaston-Bonnier et au début, de l'autre côté de la route de Bourgogne; semis fait le 14 juin 1927.

En 1927, la maladie m'a empêché de surveiller les résultats.

A la mi-septembre 1928, avec une faucille, j'ai *fauché* tous les *Eryngium campestre* vivants ou morts croissant sur les parties ensemencées. J'ai été conduit à penser que cette opération serait utile d'après ce que j'avais observé dans les montagnes de la Vanoise, à Pralognan, en 1921, 1923 et 1924 : la sortie du Pleurote alpestre s'y produit là 8 à 15 jours après le fauchage et en abondance extraordinaire. J'ai supposé que si je constatais une récolte riche, elle serait peut-être due, en partie, à l'opération précédente.

Mes présomptions ont été vérifiées au delà de mes espérances. Le nombre des *Pleurotus Eryngii* a été tout à fait surprenant, en tenant compte de ce que la surface inoculée n'était pas très grande.

Le 13 octobre 1928, on a récolté en C trois Champignons; une dizaine en D et en G.

Le 23 octobre 1928, on a récolté au total 1^{kg},022 de Champignons : en A, en B, en C, en D. En B, on a récolté beaucoup de Pleurotes à l'intérieur du triangle qui n'avaient été ensemencés avec des mises qu'au bord.

Le 28 octobre 1928, on a récolté 450^{g} en A, B, C, D, E, F, G, H.

Le 3 novembre 1928, on a récolté 25^{g}. Cette diminution du rendement des volées indique probablement que la production touche à sa fin. Cependant en 1926, on a cueilli des Champignons le 27 novembre.

La récolte de Pleurotes en G et H prouve que la durée de l'incubation a été de 15 mois (on sait que dans le premier essai il avait fallu 17 mois). La récolte abondante en B (intérieur du triangle) peut s'expliquer soit par la propagation souterraine du mycelium, soit par la germination des spores de la fructification déposée le 14 juillet 1927.

Il est nécessaire d'insister sur le fait suivant : les points où la récolte a été faite sont justement ceux où l'ensemencement a eu lieu. Ce sont donc les Panicauts les plus voisins que le mycelium attaque d'abord.

La démonstration de l'efficacité de la technique d'ensemencement appliquée en 1924, 1926 et 1927 se trouve établie. Les époques pour mettre les mises en terre ont varié d'avril à fin juin. Je ne puis affirmer que le fauchage est efficace n'ayant pas pu encore faire une expérience comparée avec une partie non coupée; il y a cependant quelques présomptions pour croire

que cette opération a une action utile. Des expériences seront à faire ultérieurement sur cette question.

En résumé, on peut donc créer dans les terres en friches où les Chardons rolands abondent des stations artificielles de *Pleurotus Eryngii*, capables de se maintenir au moins quatre ans [1] et de donner une récolte abondante si la saison est propice. C'est le problème que je m'étais posé au début de mes recherches. Il paraît résolu. Comme il s'agit d'une espèce comestible des plus fines que beaucoup d'amateurs préfèrent au Champignon de couche, cela présente un intérêt indiscutable.

BACTÉRIOLOGIE. — *L'indice toxique des races du* Bacillus coli. *Nouvelles remarques sur les bases expérimentales de la sérothérapie anticolibacillaire.* Note de M. **H. Vincent**.

Le groupe des Colibacilles est loin de répondre à un type uniforme et bien déterminé. Des nombreux critères de classification et d'identification qu'on a proposés : mobilité, sécrétion d'indol, action hémolytique, coagulation du lait, fermentation du lactose et de divers sucres, virage du rouge neutre. etc., il est remarquable qu'aucun, pris isolément, n'a une valeur spécifique puisque chacun d'eux peut faire défaut.

En se fondant, d'autre part, sur la présence ou sur l'absence de tel ou tel de ces caractères pour établir une classification des Colibacilles, on aboutirait à la conception artificielle d'une infinité de races de ce microorganisme. Certains auteurs n'ont, d'ailleurs, pas hésité à s'engager dans cette voie. De là, la multiplicité des qualificatifs qui lui ont été donnés (*communis*, *communior*, *vulgaris*, *inversus*, *anomalus*, *immobilis*, *mutabilis*, *hemolyticus*, etc.).

On peut, dès lors, se demander si, parmi les bacilles appelés « paracolibacilles » ou « coliformes », et qui sont les plus éloignés du type normal, tous méritent d'être rangés dans le groupe *B. coli,* et si quelques-uns ne seraient pas des microorganismes distincts.

Cette question est très importante au double point de vue théorique et immunologique. Le préparation du sérum anticolibacillaire soulève, en effet, le problème de l'unicité réelle ou de la pluralité des races du *Bacillus*

---

[1] Une observation sur la terrasse de Saint-Germain indique la persistance pendant cinq années (1914 à 1919) d'une station spontanée du *Pleurotus Eryngii*.

coli, puisque l'efficacité du sérum est essentiellement fonction de la nature et des qualités de l'antigène inoculé aux chevaux.

J'ai étudié les propriétés immunigènes réciproques des bacilles du type *communis* ou *communior* et des races atypiques. Mais cette méthode n'a pas fourni une bonne réponse à la question de l'identité ou de la disparité fondamentales des bactéries rangées parmi les Colibacilles, en raison de la grande sensibilité des animaux aux injections nécessairement réitérées de ces vaccins. L'amaigrissement marqué, la cachexie, la mort plus ou moins tardive, sont très fréquents au cours de ces essais. Chez le lapin, lorsque l'animal a survécu à deux ou trois inoculations vaccinales d'une race de *B. coli* et qu'on l'a éprouvé ensuite contre un autre virus colibacillaire, il m'a paru que l'animal a été protégé contre une autre raee.

De même, les cultures croisées en gélose « vaccinée » faites avec des colibacilles des différents types sont restées négatives.

J'ai montré précédemment que la toxine du *B. coli* n'est pas *une*. Il existe une exotoxine neurotrope, destructrice des cellules motrices et sensitives de la moelle épinière et du bulbe, et une endotoxine entérotrope, dont l'effet s'exerce sur la muqueuse et les glandes de l'intestin, ainsi que sur l'appareil hépato-biliaire. Les corps bacillaires contiennent également une protéine toxique qui résiste à la température de 100° et tue la souris (¹).

En conséquence, la question se pose de savoir si tous les microbes qualifiés de *B. coli*, typiques ou atypiques, sécrètent ou non ces toxines caractéristiques. A cet effet, j'ai recherché si cette propriété toxique existe chez les bacilles anormaux (absence d'indol-réaction, de pouvoir fermentatif du lactose, etc.), aussi bien que chez les bacilles à propriétés classiques.

Pour obtenir des cultures toxiques, je cultive à 38° les bacilles en bouillon de $pH = 7,6$, en couche peu épaisse et aérée, dans des ballons à fond plat. Aprés 5 jours, on centrifuge les cultures jusqu'à clarification complète et l'on stérilise par l'éther le liquide surnageant.

Après vérification de leur stérilité, 12 toxines différentes ont été étudiées. On a injecté 1^{cm^3} de chacune d'elles dans la veine de lapins pesant 1700 à 1800^g environ. Voici les constatations faites.

Quelle qu'ait été la race colibacillaire ou paracolibacillaire ayant fourni la toxine, tous les animaux sans exception ont été très malades au bout de quelques heures (tristesse, inappétence absolue, hypothermie, inertie, parfois coma, souvent diarrhée précoce et profuse, amaigrissement aigu).

(¹) H. VINCENT, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 239, 404, 1083 et 1624.

La durée de ces premiers symptômes a été de 1 à 3 jours. Un certain nombre des animaux se sont rétablis temporairement puis sont morts comme il va être dit.

Sur les douze lapins ayant reçu les toxines, huit (soit une proportion de 66 pour 100) sont morts avec les symptômes de paralysie progressive, débutant par les membres postérieurs, incontinence d'urine et des matières, puis paralysie des centres respiratoires. Ces symptômes sont ceux que détermine l'exotoxine du *Bacillus coli*.

La mort est survenue une fois en moins de 24 heures, dans le coma. Chez les sept autres animaux, elle a été précédée par la phase paralytique et est apparue après 12 jours (2 fois), 30 à 46 jours (4 fois), 84 jours (1 fois) (1). Les toxines qui ont amené la mort provenaient indistinctement de souches à caractères normaux ou non. Il n'a été constaté aucune relation entre les propriétés toxiques des cultures et la race ou la variété des bacilles. Aucune particularité (indol-réaction, fermentation du lactose, de la dulcite, du saccharose, etc.) ne leur était rigoureusement commune.

Parmi les toxines, quatre d'entre elles n'ont pas amené la mort des animaux (2). Les bacilles qui les ont produites étaient-ils réellement atoxiques ? Ces bacilles provenaient de matières fécales normales ou d'urines pathologiques. Tous sécrétaient de l'indol; deux sur quatre ne faisaient pas fermenter le lactose. Indifférents tous les quatre pour la dulcite et le saccharose, ils fermentaient le glucose et viraient le rouge neutre.

J'ai, de nouveau, préparé des toxines avec ces quatre souches, mais en laissant les cultures à 38° pendant dix jours au lieu de cinq. En outre, on en a injecté 2^{cm^3} (au lieu d'un) dans la veine de quatre nouveaux lapins de 1700 à 1880^g. *Tous sont morts* avec des symptômes semblables à ceux des précédents, dans un délai compris entre 36 heures et 37 jours, ayant présenté diarrhée initiale, puis paraplégie et amyotrophie, incontinence d'urine et des matières fécales.

Ces expériences paraissent donc montrer que le pouvoir toxique des

---

(1) Il convient de faire ressortir cette apparition brusque et très tardive de paralysies mortelles, chez des animaux qui étaient sains en apparence et avaient même augmenté de poids. Cette action neurotrope à évolution silencieuse de la toxine colibacillaire autorise à se demander si certaines paralysies humaines du type Landry ne relèvent pas d'une intoxication tardive semblable.

(2) Des quatre lapins ayant survécu, l'un a été, cependant, très malade pendant trois semaines (inappétence, cachexie, parésie des membres, conjonctivite suppurée double et prolongée, amaigrissement de 450^g). Cet animal s'est rétabli complètement.

colibacilles est indépendant de la race de ces microbes et de leurs autres particularités biologiques. Par exemple, la toxine la plus active a été donnée par un bacille immobile, sécrétant de l'indol mais ne fermentant pas lactose, dulcite ni saccharose.

Colibacilles vrais et paracolibacilles ont donc manifesté la propriété commune de fabriquer la toxine neurotrope si facile à déceler et, le plus souvent aussi, l'endotoxine entérotrope qui agit parfois si fortement sur la muqueuse intestinale et les voies biliaires.

L'indice toxique a été variable suivant les souches mises en expérience; il a été tantôt très élevé, tantôt faible, mais se traduisant, néanmoins, dans ce dernier cas, par des paralysies tardives.

La préparation que j'ai faite des antigènes destinés à l'immunisation des chevaux, en vue de la production du sérum anticolibacillaire, s'est inspirée des expériences et des principes ci-dessus. J'ai déjà fait connaître quelques-uns des résultats très favorables donnés par l'emploi de ce sérum [1]. De nouveaux exemples aussi démonstratifs de son action thérapeutique m'ont été, depuis lors, signalés dans le traitement de septicémie à *Bacillus coli* et de la pyélonéphrite suppurée due au même agent infectieux.

MÉDECINE. — *Étude expérimentale du spirochète sanguicole du gondi.* Note de MM. **Charles Nicolle**, **Charles Anderson** et **Jacques Colas-Belcour**.

Le gondi, *Ctenodactylus gondi* Pallas 1778, est un rongeur nord africain de la famille des Octodontidés, assez rapproché du cobaye. On le rencontre avec abondance dans le sud et le centre de la Tunisie.

1° Nous avons retrouvé, dans le sang de gondis capturés à Matmata (sud tunisien) en mai 1928, le spirochète qui avait été découvert par l'un de nous, en 1907, chez des individus de la même espèce, capturés dans la même région.

2° L'infection, déterminée par ce spirochète, est des plus minimes, aussi bien chez le gondi naturellement infecté que chez le gondi inoculé expéri-

(1) H. Vincent, *Nouvelle recherches sur la pathogénie de la colibacillurie. Action d'un sérum thérapeutique anticolibacillaire* (*Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1083 et 1624); *Sur la sérothérapie anticolibacillaire. Résultats de son emploi dans les infections aiguës ou chroniques à* Bacillus coli (*Comptes rendus*, **187**, 1928, p. 407).

mentalement et que chez la souris blanche qui est l'animal réactif. Des examens à l'ultramicroscope, prolongés pendant cinq semaines en moyenne, ne montrent la présence des spirochètes qu'une à six fois pour chaque souris. Ces spirochètes sont toujours en nombre restreint, généralement un à deux pour deux cents champs examinés, rarement trois à six, jamais plus. On peut les rencontrer jusqu'au 21e jour de l'inoculation.

Une souris tunisienne sauvage, *Mus spretus*, offre une sensibilité voisine de celle de la souris blanche. Le rat, le cobaye, *Meriones shawi*, le singe sont réfractaires.

3° On peut conserver le virus sur souris à condition de faire les passages les 7e et 8e jours qui sont ceux où l'on rencontre le plus constamment les spirochètes et à condition aussi d'employer le cerveau et la voie péritonéale.

4° Une première atteinte par *Sp. gondii* laisse à sa suite une immunité contre le même spirochète; elle ne vaccine pas contre *Sp. normandi* que transmet un ornithodore des terriers de rongeurs tunisiens *Orn. normandi*, ni contre *Sp. hispanicum*, variété *marocanum* que transmet un autre ornithodore de terriers nord africains, *Orn. marocanus* du Maroc. Ces deux spirochètes de rongeurs ne vaccinent pas contre *Sp. gondii*.

5° *Sp. gondii* est vraisemblablement transmis dans la nature par un ornithodore dont nous avons capturé de rares échantillons sur nos gondis de Matmata ou à leur contact. Cet ornithodore est à l'étude et son rôle sera précisé.

6° Nous n'avons pu, jusqu'à présent, transmettre expérimentalement *Sp. gondii* par *Orn. moubata*, *Orn. savignyi*, *Orn. marocanus*, infectés à l'état nymphal. La rareté extrême du spirochète dans le sang ne facilite pas, sans doute, l'adaptation du virus à un hôte inabituel.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Premiers essais d'adaptation du spirochète des Poules à divers Ornithodores*. Note de MM. **Charles Nicolle**, **Charles Anderson** et **Jacques Colas-Belcour**.

Nous avons tenté d'infecter divers ornithodores par *Sp. gallinarum* et de leur faire transmettre ce spirochète. Nos expériences ont porté sur trois tiques : *Orn. moubata*, *Orn. marocanus* (souche marocaine), *Orn. normandi* (du Kef).

Les trois expériences ont été conduites de la même façon.

Le même jour, 28 juillet 1928, nous nourrissons sur un jeune coq dont le sang contient de nombreux *Sp. gallinarum* trois lots de nymphes provenant d'éclosions récentes. Ces jeunes tiques se gorgent rapidement et abondamment de sang; elles ne présentent à la suite aucune mortalité.

Le 4 août, soit sept jours après le repas infectant, on fait piquer par chacun de ces lots de tiques un poulet différent. L'examen microscopique du sang des trois poulets, pratiqué pendant onze jours, n'ayant pas montré la présence de spirochètes, les nymphes de chacun des lots sont broyées et inoculées respectivement aux poulets qui en avaient subi la piqûre; puis les examens à l'ultramicroscope sont poursuivis jusqu'au trentième jour de l'expérience.

Les poulets, ayant reçu le produit de broyage des nymphes d'*Orn. moubata* et d'*Orn. normandi*, n'ont pas présenté de spirochètes dans leur sang. Celui qui avait reçu le produit de broyage des nymphes d'*Orn. marocanus* s'est, au contraire, infecté après une incubation de sept jours; l'infection a duré deux jours (ce qui est la durée ordinaire chez les poulets qui reçoivent le virus) et elle a été très forte. Au moment où les spirochètes étaient le plus nombreux (second jour), quelques gouttes du sang de ce poulet ont été inoculées dans la cavité péritonéale d'une souris qui ne s'est pas infectée. Il n'y avait donc pas eu confusion de virus, tous nos autres virus étant plus ou moins pathogènes pour la souris.

Il résulte de ces constatations que, dans notre expérience, *Sp. gallinarum* s'est conservé dix-huit jours chez des nymphes d'*Orn. marocanus*, alors qu'il était disparu dans le même temps des nymphes d'*Orn. moubata* et d'*Orn. normandi*. Nous ne conclurons pas de ce résultat positif qu'*Orn. marocanus* puisse jouer un rôle dans la transmission du spirochète des poules, puisque le résultat a été obtenu avec un produit de broyage. Nous ne voyons là qu'une indication qui peut être à suivre.

Nous avons échoué dans un essai symétrique d'adaptation du spirochète de la fièvre récurrente d'Espagne aux nymphes d'*Argas persicus* qui transmet *Sp. gallinarum* (argas et virus d'origine tunisienne).

M. **René Kœhler** fait hommage à l'Académie d'un Mémoire intitulé *Echinoderma of the Indian Museum*. Part X. *Echinoidea* (III). *An account of the Echinoidea*.

NOMINATIONS.

M. **Ch. Lallemand** est désigné pour représenter l'Académie à l'inauguration de la *Casa Velásquez*, qui aura lieu, à Madrid, le 20 novembre 1928, sous la présidence de S. M. le Roi Alphonse XIII.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Voyage zoologique d'*Henri Gadeau de Kerville *en Asie Mineure* (avril-mai 1912). Tome second et dernier. *Poissons*, par Jacques Pellegrin; *Batraciens et Reptiles*, par G.-A. Boulenger; *Mammifères*, par Max Kollmann.

2° *Origine des Phénomènes de l'Atmosphère. Application à la prévision des cyclones de la mer des Antilles et du golfe du Mexique*, par C. Laforest-Duclos.

3° Alfred Chapuis. *Automates, Machines automatiques et Machinisme.*

4° Frédéric Chapel. *Aperçu sur le rôle des Astéroïdes dans la physique du monde.* 1er volume.

5° *Esquisse géologique* (carte) *de l'Afrique équatoriale française, du Cameroun et des régions voisines*, par Marcel-E. Denaeyer.

6° *Afrique équatoriale française; Région du chemin de fer Océan-Brazzaville. Esquisse géologique*, (carte) par Marcel-E. Denaeyer.

7° *Poissons du Chéloango et du Congo recueillis par l'expédition du* Dr H. Schouteden (1920-1922), par Jacques Pellegrin. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

8° *La balance à calcul*, par Stanislas Millot. (Présenté par M. Maurice d'Ocagne.)

M. le **Ministre des Finances** prie l'Académie de lui désigner deux de ses Membres, qui occuperont, dans la *Commission de contrôle de la circulation monétaire*, les places vacantes par l'expiration des pouvoirs de MM. *H. Le Chatelier* et *G. Urbain.*

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur une classe de congruences* W. Note de M. **A. Th. Masloff**, présentée par M. Goursat.

La recherche des surfaces susceptibles d'une déformation continue avec conservation d'un système conjugué se ramène à la détermination des surfaces associées (B) de Bianchi, c'est-à-dire celles pour lesquelles l'équation à invariants égaux

$$(\mathrm{M}) \qquad \frac{\partial^2 \theta}{\partial u\, \partial v} = \mathrm{M}(u, v)\,\theta$$

admet le groupe des solutions θ_1, θ_2, θ_3 (solutions quadratiques d'après Bianchi) avec la condition

$$\theta_1^2 + \theta_2^2 + \theta_3^2 = \mathrm{U}(u) + \mathrm{V}(v).$$

Jusqu'à présent on connaît un petit nombre des équations (M) pour lesquelles les groupes (θ_1, θ_2, θ_3) sont déterminés, cette circonstance donne une valeur et un intérêt particuliers à la transformation de Bianchi de la surface (B) par la congruence W dans la surface (B_1) de la même classe.

Désignons par (ϑ_1, ϑ_2, ϑ_3) le groupe des solutions quadratiques

$$(\vartheta_1^2 + \vartheta_2^2 + \vartheta_3^2 = \mathrm{U} + \mathrm{V})$$

de l'équation nouvelle

$$(\mathrm{M}_1) \qquad \frac{\partial^2 \vartheta}{\partial u\, \partial v} = \mathrm{M}_1(u, v)\,\vartheta$$

qui correspond à la surface (B_1); alors nous avons trois équations pour ϑ_1, ϑ_2, ϑ_3

$$(1) \qquad \theta_1\vartheta_1 + \theta_2\vartheta_2 + \theta_3\vartheta_3 = \mathrm{V} - \mathrm{U} + 2k,$$

$$(2) \qquad \frac{\partial\theta_1}{\partial u}\vartheta_1 + \frac{\partial\theta_2}{\partial u}\vartheta_2 + \frac{\partial\theta_3}{\partial u}\vartheta_3 = -\frac{1}{2}\mathrm{U}' - 2(\mathrm{U} - k)\frac{\partial \log \mathrm{R}}{\partial u},$$

$$(3) \qquad \frac{\partial\theta_1}{\partial v}\vartheta_1 + \frac{\partial\theta_2}{\partial v}\vartheta_2 + \frac{\partial\theta_3}{\partial v}\vartheta_3 = \frac{1}{2}\mathrm{V}' + 2(\mathrm{V} + k)\frac{\partial \log \mathrm{R}}{\partial v},$$

où R est la solution de l'équation (M). Si R est connu, les équations (1), (2), (3) déterminent la surface transformée (B_1). Dans la Note présentée nous nous bornerons à un cas [qui a été en partie l'objet des recherches [1] de Bianchi dans l'étude de la surface à courbure constante de Dini], où *la*

---

[1] Voir Bianchi-Lukat, *Vorlesungen über Differentialgeometrie*, 1910, p. 475.

surface donnée (B) *se réduit à une ligne droite* (l'axe des z). Dans ce cas $\theta_3 = 0$ et, sans la restriction de généralité de la recherche, nous posons

$$\theta_1 = \sqrt{U+V}\cos\varphi(u, v), \qquad \theta_2 = \sqrt{U+V}\sin\varphi(u, v),$$

où la fonction $\varphi(u, v)$ devra satisfaire à l'équation

$$(\varphi) \qquad \varphi_{uv} + \frac{V'}{2(U+V)}\varphi_u + \frac{U'}{2(U+V)}\varphi_v = 0;$$

le coefficient M sera donné par la formule

$$M = -\frac{U'V'}{4(U+V)^2} - \varphi_u\varphi_v.$$

Écrivons, dans le cas $\theta_3 = 0$, la condition de compatibilité des équations (1), (2), (3) pour deux quantités ϑ_1 et ϑ_2; nous aurons l'équation pour R sous la forme

$$(4) \qquad A\frac{\partial R}{\partial u} + B\frac{\partial R}{\partial v} + CR = 0.$$

La solution commune des équations (M) et (4) existe; elle est

$$R = \sqrt{\frac{U+V}{(U-k)(V+k)}}\operatorname{ch}\tau,$$

où

$$\tau = \int\left(\sqrt{\frac{V+k}{U-k}}\varphi_u\,du - \sqrt{\frac{U-k}{V+k}}\varphi_v\,dv\right).$$

Les fonctions ϑ_1, ϑ_2, déterminées par les équations (1), (2), (3) pour cette solution R, satisfont aux équations fondamentales de Moutard, ce qui montre que ϑ_1 et ϑ_2 sont les solutions de (M_1) transformées de θ_1, θ_2. Immédiatement nous trouverons

$$\vartheta_3 = \frac{c}{R}$$

(c désigne une constante); en choisissant d'une manière convenable cette constante c, nous obtiendrons le système des solutions quadratiques

$$\vartheta_1 = \frac{V-U+2k}{\sqrt{U+V}}\cos\varphi + 2\sqrt{\frac{(U-k)(V+k)}{U+V}}\operatorname{th}\tau\sin\varphi,$$

$$\vartheta_2 = \frac{V-U+2k}{\sqrt{U+V}}\sin\varphi - 2\sqrt{\frac{(U-k)(V-k)}{U+V}}\operatorname{th}\tau\cos\varphi,$$

$$\vartheta_3 = 2\sqrt{\frac{(U-k)(V+k)}{(U+V)}}\frac{1}{\operatorname{ch}\tau}.$$

En coordonnées cartésiennes, la surface (B_1) se détermine par les formules

$$(5)\qquad \begin{cases} x = -2\dfrac{\sqrt{(U-k)(V+k)}}{\operatorname{ch}\tau}\sin\varphi, \\ y = 2\dfrac{\sqrt{(U-k)(V+k)}}{\operatorname{ch}\tau}\cos\varphi, \\ z = \bar{\tau} + 2\sqrt{(U-k)(V-k)}\operatorname{th}\tau, \end{cases}$$

où

$$\bar{\tau} = \int (U+V)(\varphi_u\,du - \varphi_v\,dv).$$

Si $V = \text{const.} = 0$, la surface (5) est associée à la surface avec réseau conjugué persistant, qui comprend une famille de lignes géodésiques. Si $U = \text{const.}$, $V = \text{const.}$, la surface (5) est la surface de courbure constante de Dini; la surface correspondante avec réseau conjugué persistant est la surface de Voss.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les variétés fonctionnelles.* Note [1] de M. **G.-C. Moisil**, présentée par M. Hadamard.

La mécanique des systèmes continus et la géométrie des surfaces de l'espace fonctionnel conduisent à l'étude des formes quadratiques de variations fonctionnelles :

$$(1)\qquad \delta l_2 = \int_0^1 g(\overset{*}{\sigma})\,\delta x(\sigma)^2\,d\sigma + \int_0^1\int_0^1 g(\overset{*}{\sigma}\overset{*}{\tau})\,\delta x(\sigma)\,\delta x(\tau)\,d\sigma\,d\tau.$$

L'ensemble des propriétés invariantes ponr toute transformation biunivoque :

$$(2)\qquad \begin{cases} \bar{x}(s) = \bar{x}\,|[x(\sigma)\,|\,s]|, \\ x(s) = x\,|[\bar{x}(\sigma)\,|\,s]|, \end{cases}$$

formera une V_η; η est le type ordinal de l'ensemble des nombres réels, $x(s)$ est un point de la V_η. Je suppose que $g(\overset{*}{\sigma})$, $g(\overset{*}{\sigma}\overset{*}{\tau})$ sont des fonctionnelles de $x(s)$ dont la variation a la forme

$$(3)\qquad \begin{cases} \delta g(\overset{*}{\sigma}) = g'_{x(\sigma)}(\overset{*}{\sigma})\,\delta x(\sigma) + \displaystyle\int_0^1 g'_{x(s)}(\overset{*}{\sigma})\,\delta x(s)\,ds, \\ \delta g(\overset{*}{\sigma}\overset{*}{\tau}) = g'_{x(\sigma)}(\overset{*}{\sigma}\overset{*}{\tau})\,\delta x(\sigma) + g'_{x(\tau)}(\overset{*}{\sigma}\overset{*}{\tau})\,\delta x(\tau) + \displaystyle\int_0^1 g'_{x(s)}(\overset{*}{\sigma}\overset{*}{\tau})\,\delta x(s)\,ds. \end{cases}$$

[1] Séance du 29 octobre 1928.

$g\binom{**}{\sigma\tau}$ est symétrique et le noyau borné $g\binom{**}{\sigma\tau}$: $g\binom{*}{\sigma}$ n'a pas la valeur caractéristique 1.

L'équation en $f\binom{s}{*}$:

$$(4)\qquad f\binom{*}{s} = g\binom{*}{s} f\binom{s}{*} + \int_0^1 g\binom{**}{s\sigma} f\binom{\sigma}{*} d\sigma,$$

a une solution

$$(5)\qquad f\binom{s}{*} = g\binom{s}{*} f\binom{*}{s} + \int_0^1 g\binom{s\sigma}{**} f\binom{*}{\sigma} d\sigma.$$

La recherche des géodésiques, courbes $x(s, t)$ telles que l'intégrale $\int_{t_0}^{t_1}$ soit stationnaire, nous conduit à l'équation

$$(6)\quad x''(u) + \begin{Bmatrix} uu \\ u \end{Bmatrix} x'(u)^2 + 2x'(u)\int_0^1 \begin{Bmatrix} u\sigma \\ u \end{Bmatrix} x'(\sigma)\,d\sigma + \int_0^1 \begin{Bmatrix} \sigma\sigma \\ u \end{Bmatrix} x'(\sigma)^2\,d\sigma + \int_0^1\int_0^1 \begin{Bmatrix} \sigma\tau \\ u \end{Bmatrix} x'(\sigma)\,x'(\tau)\,d\sigma\,d\tau = 0$$

avec

$$(7)\qquad \varphi'(s) = \frac{\partial_t \varphi(st)}{\partial t},$$

$$(8)\quad \begin{cases} \begin{bmatrix} uu \\ u \end{bmatrix} = \frac{1}{2} g'_{x(u)}\binom{*}{u}, \quad \begin{bmatrix} u\sigma \\ u \end{bmatrix} = \frac{1}{2} g'_{x(\sigma)}\binom{*}{u}, \quad \begin{bmatrix} \sigma\sigma \\ u \end{bmatrix} = g'_{x(\sigma)}\binom{**}{u\sigma} - \frac{1}{2} g'_{x(u)}\binom{*}{\sigma}, \\ \begin{bmatrix} \sigma\tau \\ u \end{bmatrix} = \frac{1}{2}\left\{ g'_{x(\sigma)}\binom{**}{u\tau} + g'_{x(\tau)}\binom{**}{u\sigma} - g'_{x(u)}\binom{**}{\sigma\tau} \right\}, \end{cases}$$

$$(9)\quad \begin{cases} \begin{Bmatrix} uu \\ u \end{Bmatrix} = g\binom{u}{*} \begin{bmatrix} uu \\ u \end{bmatrix}, \quad \begin{Bmatrix} uv \\ u \end{Bmatrix} = g\binom{u}{*} \begin{bmatrix} uv \\ u \end{bmatrix}, \\ \begin{Bmatrix} vv \\ u \end{Bmatrix} = g\binom{u}{*} \begin{bmatrix} vv \\ u \end{bmatrix} + g\binom{uv}{**} \begin{bmatrix} vv \\ v \end{bmatrix} + \int_0^1 g\binom{u\sigma}{**} \begin{bmatrix} vv \\ \sigma \end{bmatrix} d\sigma, \\ \begin{Bmatrix} uv \\ w \end{Bmatrix} = g\binom{u}{*} \begin{bmatrix} vw \\ u \end{bmatrix} + g\binom{uv}{**} \begin{bmatrix} vw \\ v \end{bmatrix} + g\binom{uw}{**} \begin{bmatrix} wv \\ w \end{bmatrix} + \int_0^1 g\binom{u\sigma}{**} \begin{bmatrix} vw \\ \sigma \end{bmatrix} d\sigma. \end{cases}$$

Une fonctionnelle $f\binom{*}{s} = f|[x(\sigma)|s]|$ est une tensorielle invariante si, pour une transformation (2), elle devient $\bar{f}|[\bar{x}(\sigma)|s]|$:

$$(10)\qquad f\binom{*}{s} = f\binom{*}{s} x'_{\bar{x}(s)}(s) + \int_0^1 f\binom{*}{\sigma} x'_{\bar{x}(s)}(\sigma)\,d\sigma.$$

$f\binom{s}{*}$ donnée par (5) sera contrevariante ; (1) est par définition invariante.

L'ensemble des deux fonctions

$$(11)\quad \begin{cases} \gamma\left(\overset{*}{s}\right) = f'_{x_s}\left(\overset{*}{s}\right) - 2\left\{ {ss \atop s} \right\} f\left(\overset{*}{s}\right) - \displaystyle\int_0^1 \left\{ {ss \atop \sigma} \right\} f\left(\overset{*}{\sigma}\right) d\sigma, \\ \gamma\left(\overset{*}{s}\overset{*}{t}\right) = f'_{x_t}\left(\overset{*}{s}\right) - \left\{ {ts \atop s} \right\} f\left(\overset{*}{s}\right) - \left\{ {ts \atop s} \right\} f\left(\overset{*}{t}\right) - \displaystyle\int_0^1 \left\{ {ts \atop \sigma} \right\} f\left(\overset{*}{\sigma}\right) d\sigma \end{cases}$$

est transformé par (2) de la même manière que l'ensemble des deux fonctions $g\left(\overset{*}{s}\right); g\left(\overset{*}{s}\overset{*}{t}\right)$; il forme une tensorielle covariante du deuxième ordre, la dérivée covariante $f\left(\overset{*}{s}\,\middle|\,\overset{*}{t}\right)$. On a, de plus,

$$(12)\quad g\left(\overset{*}{s}\overset{*}{t}\,\middle|\,\overset{*}{\sigma}\right) \equiv 0.$$

Les dérivées covariantes successives ne sont pas commutatives :

$$(13)\quad f\left(\overset{*}{s}\,\middle|\,\overset{*}{u}\overset{*}{v}\right) - f\left(\overset{*}{s}\,\middle|\,\overset{*}{v}\overset{*}{u}\right) = \mathrm{R}\begin{pmatrix} s \\ suv \end{pmatrix} f\left(\overset{*}{s}\right) + \mathrm{R}\begin{pmatrix} u \\ suv \end{pmatrix} f\left(\overset{*}{u}\right) + \mathrm{R}\begin{pmatrix} v \\ suv \end{pmatrix} f\left(\overset{*}{v}\right) + \int_0^1 \begin{pmatrix} \sigma \\ suv \end{pmatrix} f\left(\overset{*}{\sigma}\right) d\sigma,$$

R formant une tensorielle du quatrième ordre.

Deux formes (1) sont équivalentes si les tensorielles R le sont. Si $\mathrm{R} = 0$, les g peuvent être rendus indépendants de $x(s)$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Quelques théorèmes nouveaux sur les singularités des séries de Dirichlet.* Note [1] de M. **Mandelbrojt**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Dans cette Note j'énonce des résultats d'une part plus généraux et d'autre part plus précis que ceux de ma Note précédente [2].

Une suite a_n étant donnée on appelle sa moyenne typique d'ordre $\mathrm{K} > 0$ de la première espèce associée à $\Sigma a_n z^n$ (M. Marcel Riesz) la fonction

$$\mathrm{F_K}(\omega) = \mathrm{K}\omega^{-\mathrm{K}} \int_0^\omega \mathrm{C}(\tau)(\omega - \tau)^{\mathrm{K}-1} d\tau = \omega^{-\mathrm{K}} \sum_{n<\omega} (\omega - n)^{\mathrm{K}} a_n.$$

Ici $\mathrm{C}(\tau) = \sum_{n<\tau} a_n$. Nous dirons que $\mathrm{F_K}(\lambda_n)$ est la $(\lambda_n)^{\text{ième}}$ moyenne

(1) Séance du 29 octobre 1928.

(2) *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 1039.

d'ordre K de la suite a_n. Nous appellerons alors la suite a_m « la suite génératrice de la suite b_n d'ordre K relative à la suite λ_n ».

En posant $s = \sigma + it$ nous conserverons le même sens à la notation

$$|\varphi(s)| = O|t^\mu|, \qquad \sigma > \sigma_1$$

que dans la Note précédente; cette notation a un sens, même si $\varphi(s)$ admet des singularités pour $\sigma > \sigma_1$.

Théorème I. — *Si pour $\varphi(s) = \Sigma e^{-\lambda_n s}$, on a $\lambda_{n+1} > \lambda_n$, $\lim \lambda_n = \infty$,*

$$(1) \qquad |\varphi(s)| = O|t^\mu|, \qquad \mu < K.$$

pour $\sigma > \sigma_1$, les seules singularités possibles de $\Sigma b_n e^{-\lambda_n s}$, dans le demi-plan $\sigma > \sigma_1 + c$, sont les points $\alpha + \beta$ et β, où α est une singularité quelconque de la série de Taylor en e^{-s} dont les coefficients sont les termes de la suite génératrice de la suite b_n d'ordre K (si elle existe) relative à la suite λ_n, e^{-c} son rayon de convergence et où β est une singularité quelconque de $\Sigma e^{-\lambda_n s}$ dans le demi-plan $\sigma > \sigma_1$.

Nous appellerons frontière de l'étoile horizontale relative à l'ensemble E, l'ensemble des points $s = \sigma + it$ avec $t = t_0$, $\sigma - \sigma_0 \leq 0$, $\sigma_0 + it_0$ étant un point quelconque de E.

Lemme I. — *Soient a et b deux quantités finies et distinctes fixes quelconques. Soit ρ un point ρ_a ou ρ_b l'ensemble de points situés dans le demi-plan $\sigma > \sigma_2$ où $\varphi(s) = \Sigma e^{-\lambda_n s}(\lambda_n + 1 > \lambda_n$, $\lim \lambda_n = \infty)$ admettant un axe de convergence absolue prend respectivement les valeurs a et b, la fonction $f(s) = \Sigma b_n e^{-\lambda_n s}$ n'a pas d'autres points singuliers dans le demi-plan $\sigma > \sigma_2 + c$ que les points de la frontière de l'étoile horizontale relative à l'ensemble de points $\alpha + \beta$, $\alpha + \rho$, β, où α est un point singulier quelconque de la série de Taylor en e^{-s} dont les coefficients sont les termes de la suite génératrice de premier ordre (si elle existe) de la suite b_n relative à la suite λ_n, e^{-c} son rayon de convergence, β un point singulier quelconque de $\Sigma e^{-\lambda_n s}$.*

Théorème II. — *Le théorème I a lieu sans qu'on ait besoin de faire intervenir (1) et la série de Taylor qui y intervient ayant comme coefficients les termes de la génératrice de premier ordre (si elle existe) de b_n relative à λ_n, à condition d'ajouter aux points $\alpha + \beta$, β les points qui sont centre d'un cercle assez petit dans lequel ne sont pas compris les $\alpha + \rho_\gamma$ correspondant au plus à un γ.*

Désignons ces derniers points par $P[\{\lambda_n\}, \alpha]$; ils représentent, d'après le théorème de M. Picard, une généralisation naturelle des points $\alpha + \beta$ si β est singulier isolé essentiel.

Une suite λ_n quelconque étant donnée, la génératrice d'un ordre donné existe pour des suites convenables de b_n. Si $n < \lambda_n \leqq n+1$, elle existe quelle que soit la suite b_n.

Remarquons qu'en disant qu'un ensemble A est un ensemble de points singuliers de $F(x)$ donné par une expression dans un domaine D, nous entendons par là implicitement que tout point limite de A ainsi que tout point qui n'est dans aucun domaine connexe avec D et ne contenant aucun point de A est point singulier de $F(z)$.

$B(R, E)$ étant la partie de la frontière de l'étoile intérieure au cercle C de rayon R autour de l'origine d'une fonction qui admettant $E + E'$ comme son ensemble de points singuliers, soit $C(R, E) = \lim\limits_{\varepsilon=0} C_{R,E,\varepsilon}$ où $C_{R,E,\varepsilon}$ est la longueur totale de la frontière du domaine obtenu en balayant l'intérieur de C par les cercles de rayon ε autour de chaque point de $B(R, E)$, sans compter la partie de la frontière du domaine balayé composée des points de la circonférence de C.

Théorème III. — *Si $n < \lambda_n \leqq n+1$ et si, quand x est dans la partie de l'étoile fermée de $\theta(x)$ intérieure à C, on a*

$$\frac{(1+R)[C(R, E) + 2\pi R)]\,|\theta(x)|}{2\pi R} < \delta < 1,$$

où E est l'ensemble de points $\chi\omega$ où χ est un point singulier quelconque de $\Sigma b_n x^n$ et où ω est un multiple d'un nombre quelconque de facteurs différents ou non qui sont les affixes des points singuliers de $\Sigma b_n x^n$ ou le point un, la fonction $\Sigma b_n e^{-\lambda_n s}$ n'a pas d'autres points singuliers dans le demi-plan $\sigma > -\log R - \overline{\lim}\sqrt[n]{|b_n|}$ que les points

$$-\log\omega - \log\chi + \beta,\ \beta,\quad \text{et}\quad P[\{\lambda_n\}, -\log\chi\omega].$$

Ici, on ne suppose pas non plus (1).

Théorème IV. — *Si $Q(x) = \alpha_1 x^2 + \alpha_2 x^3 + \ldots + \alpha_{q-1} x^q$ a ses coefficients positifs et si $2\sum\limits_{n=1}^{\infty} Q\left(\frac{1}{n}\right) < \delta < 1$, la fonction $\Sigma b_n\, e^{-\left[n+Q\left(\frac{1}{n}\right)\right]s}$ n'a pas d'autres singularités que la frontière de l'étoile horizontale relative à l'ensemble de points $\chi + \beta$* et *β, et $P[\{\lambda_n\}, \chi]$, χ étant un point singulier quelconque de la série de Taylor $\Sigma b_n e^{-ns}$ et β un point singulier quelconque de $\Sigma e^{-\lambda_n s}$.*

On peut aussi donner un théorème analogue en remplaçant $Q(x)$ par une fonction holomorphe dans un demi-plan, en ajoutant toutefois une cer-

taine condition. Les méthodes que j'emploie me permettent aussi de faire correspondre à une fonction donnée f vérifiant certaines conditions, *une classe* de fonctions φ telles que $H(f, \varphi)$ admette les points qui sont d'après le théorème de M. Hadamard les seuls singuliers possibles de cette fonction comme certainement singuliers.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Transformation des fonctions automorphes.* Note de M. **R. Abramowicz**, présentée par M. Émile Borel.

Soient p, q, r trois nombres positifs d'un corps algébrique $R_k(j)$ de degré k, défini par l'équation $F(j) = 0$ et ayant la base minimale $(1, j, j^2, \ldots, j^{k-1})$; nous désignons, d'après M. R. Fricke (¹), par $\{p, q, r\}$ le groupe discontinu de substitutions (a, b, c, d) de déterminant

$$a^2 + c^2 q r - p(b^2 r + d^2 q) = 1$$

dont les coefficients a, b, c, d sont des nombres entiers du corps $R_k(j)$. Étant n un nombre premier quelconque nous comprenons, d'après Poincaré, par la transformation du $n^{\text{ième}}$ degré de la fonction $\varphi(z)$ appartenant au groupe $\{p, q, r\}$ la recherche de relation algébrique entre la fonction $\varphi(z)$ et la fonction $\varphi(Sz)$ transformée à l'aide d'une substitution $S = (a, b, c, d)$ dont le déterminant est égal au nombre n. Nous nous proposons de déterminer le degré de cette relation algébrique.

La condition nécessaire d'existence d'une telle relation consiste dans ce que les deux groupes $\{p, q, r\}$ et $S^{-1}\{p, q, r\}S$ aient un sous-groupe commun d'indice fini; cette condition sera aussi suffisante si, par exemple, le polygone fondamental du groupe $\{p, q, r\}$ a un nombre fini de sommets. Quant au nombre n nous devons supposer que le polygone $F(j)$ est irréductible suivant le module n; nous prenons la substitution S de la forme $S = (A, 0, C, 0)$ avec le déterminant $A^2 + C^2 qr = n$.

Désignant alors par (a', b', c', d') les substitutions du groupe transformé $S^{-1}\{p, q, r\}S$ nous calculons

$$a' = na, \qquad b' = b(A^2 - C^2 qr) - 2ACqd,$$
$$c' = nc, \qquad d' = d(A^2 - C^2 qr) + 2ACrb.$$

Pour déterminer le sous-groupe commun aux groupes $\{p, q, r\}$

(¹) *Vorlesungen über die Theorie der automorphen Functionen*, 1, p. 588.

et $S^{-1}\{p, q, r\}S$ nous cherchons les conditions qui doivent être remplies pour que les substitutions (a', b', c', d') aient son déterminant égal à un; on trouve que le plus grand sous-groupe Γ_h commun aux groupes $\{p, q, r\}$ et $S^{-1}\{p, q, r\}S$ sera composé de substitutions (a, b, c, d) satisfaisant à la congruence

$$(1) \qquad A\partial \equiv Crb \pmod{n},$$

qui, en vertu de relation $A^2 + C^2 qr = n$ et d'irréductibilité $(\mathrm{mod}\, n)$ de $F(j)$, peut être remplacée par $Ab \equiv -Cqd$.

L'indice h du sous-groupe Γ_h par rapport au groupe $\{p, q, r\}$ sera égal au degré de l'équation algébrique à laquelle satisfait la fonction transformée $\varphi(Sr)$.

Pour déterminer cet indice nous nous appuyons sur l'étude du groupe fini G auquel se réduit le groupe $\{p, q, r\}$ par rapport au module n. Nous trouvons que le degré de ce groupe G est égal à $n^k(n^{2k}-1) : 2$; il suffit dans ce but d'appliquer le théorème suivant qu'on démontre facilement :

Les nombres q et r étant simultanément résidus ou non-résidus $(\mathrm{mod}\, n)$ dans le corps $R_k(j)$ les congruences

$$qx^2 + ry^2 \equiv 0, \qquad qx^2 + ry^2 \equiv M \not\equiv 0 \pmod{n}$$

ont dans le corps $R_k(j)$ respectivement $2n^k - 1$ et $n^k - 1$ solutions si le nombre -1 est résidu dans le corps $R_k(j)$, et respectivement 1 et $n^k + 1$ solutions si -1 est non-résidu dans le corps $R_k(j)$; si l'un de nombres q et r est résidu et l'autre non-résidu les mêmes congruences ont respectivement 1 et $n^k + 1$ solutions dans le premier cas et $2n^k - 1$ et $n^k - 1$ solutions dans le second cas.

A l'aide de ce théorème on trouve que le nombre de solutions de la congruence $a^2 + c^2 qr - p(b^2 r - d^2 q) \equiv 1$ est $n^k(n^{2k} - 1)$.

On pourra toujours déterminer un nombre ω satisfaisant à la congruence $A\omega \equiv Cr \pmod{n}$; on remplacera alors la congruence (1) par $\partial \equiv \omega b$ et en vertu de l'égalité $A^2 + C^2 qr = n$ on aura alors $q\omega^2 \equiv -r \pmod{n}$.

Nous aurons l'égalité

$$\{p, q, r\} = (\Gamma_h, V_2\Gamma_h, \ldots, V_h\Gamma_h),$$

où les V désignent certaines substitutions du groupe $\{p, q, r\}$ ne vérifiant pas la congruence $\partial \equiv \omega b \pmod{n}$.

Si nous considérons le groupe fini G auquel se réduit le groupe $\{p, q, r\}$ par rapport au module n, les substitutions du groupe Γ_h se réduiront à celles

des substitutions du groupe G qui vérifient la congruence $\partial \equiv \omega b$. Nous sommes donc conduits à chercher l'ordre du groupe de substitutions de G satisfaisant à la congruence $\partial \equiv \omega b$. On remarque que, grâce à la relation $q\omega^2 \equiv -r$, cet ordre sera égal à la moitié du nombre de solutions en a et c de la congruence

$$a^2 + c^2 qr \equiv 1 \pmod{n}$$

dans $R_k(j)$ multiplié par n^k; ce nombre sera égal à $n^k(n^k - 1)$ indépendamment de ce que le nombre -1 est résidu ou non-résidu dans le corps $R_k(j)$; il suffira dans ce but d'appliquer le théorème cité plus haut, en remarquant que grâce à l'égalité $A^2 + C^2 qr = n$ les nombres q et $-r$ sont simultanément résidus ou non-résidus (mod n). Nous avons le théorème :

Si le polygone fondamental du groupe discontinu $\{p, q, r\}$ défini dans le corps $R_k(j)$ de degré k ayant la base minérale $(1, j, j^2, \ldots, j^{k-1})$ a un nombre fini de sommets et l'équation $F(j) = 0$ définissant le corps $R_k(j)$ est irréductible suivant le module n, alors l'équation algébrique à laquelle satisfait la fonction $\varphi(S z)$ transformée à l'aide d'une substitution $S = (A, 0, C, 0)$ de déterminant $A^2 + C^2 qr = n$ est de degré $n^k + 1$.

Le théorème obtenu présente une généralisation du résultat analogue obtenu par M. R. Fricke (*loc. cit.*, t. 2, p. 570) dans le cas de transformation du troisième degré de la fonction automorphe correspondant au cas où $p = j$, $q = 1$, $r = 2$ et j est racine positive de l'équation $j^2 + j - 1 = 0$.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les valeurs d'une fonction méromorphe dans le voisinage d'une singularité.* Note de M. **Georges Valiron**, présentée par M. Émile Borel.

1. En complétant mes résultats antérieurs, M. Milloux a obtenu un théorème très précis sur la distribution des points où une fonction méromorphe autour d'une singularité essentielle prend une valeur donnée arbitraire [1].

---

[1] Voir G. Valiron, *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 26-28, et *Acta mathematica*, 52, 1928, p. 67-92. — H. Milloux, *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 933-934. — G. Valiron, *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 1189-1191. L'exposé final du résultat de ces recherches est donné par M. Milloux dans la première partie d'un Mémoire des *Acta mathematica*, 52, 1928, p. 189-255.

On peut en déduire la proposition suivante qui complète celle qui m'avait permis de résoudre la question du genre d'une fonction entière ([1]).

Soit $f(z)$ une fonction méromorphe sauf à l'infini, d'ordre ρ fini et positif, et soit $T(r)$ la fonction caractéristique correspondante. *Nous supposons que $f(z)$ est de la classe supérieure de son ordre, c'est-à-dire que l'intégrale*

$$\int^{\infty} \frac{T(r)}{r^{1+\rho}} dr$$

diverge. Dans ces conditions, il existe une suite de cercles $C(n)$,

$$|z - z(n)| < \varepsilon_n |z(n)|,$$

ε_n tendant vers zéro et $|z(n)|$ croissant indéfiniment lorsque l'indice n croît indéfiniment, qui jouissent de cette propriété. Pour chaque n, $f(z)$ prend $N(n)$ fois au moins dans $C(n)$ toute valeur sauf au plus celles qui sont représentées sur la sphère de Riemann à l'intérieur de l'un ou l'autre de deux cercles de rayon $\eta(n)$, la série

$$\sum \frac{N(n)}{|z(n)|^{\rho}}$$

étant divergente tandis que

$$\Sigma \eta(n)$$

converge.

Lorsque $T(r):r^{\rho}$ ne tend pas vers zéro, ceci découle du théorème VI du Mémoire de M. Milloux, car on y peut prendre les r_n pour que $T(r_n):r_n^{\rho}$ ne tende pas vers zéro. Dans le cas contraire on combine le théorème I de ce Mémoire avec l'inégalité (conséquence de celles de M. R. Nevanlinna)

$$\sum_{1}^{m} 2^{\rho-n} \{[2^{\rho-1} T(2^{n+1})] - \rho 8^{\rho}[p(n, a) + p(n, b) + p(n, c)]\} < K \qquad (a \neq b \neq c \neq a)$$

où $p(n, x)$ désigne le nombre des zéros de $f(z) - x$ dans la couronne

$$2^{n-1} < |z| \leqq 2^n.$$

On peut toujours extraire de la suite $C(n)$ une autre suite telle que la série

$$(1) \qquad \Sigma[r(q, x)]^{-\rho}$$

([1]) *Comptes rendus*, 174, 1922, p. 1054-1056. M. R. Nevanlinna a étendu ces considérations aux fonctions méromorphes (*Acta mathematica*, 46, 1925, p. 1-99).

étendue aux modules $r(q, x)$ des zéros de $f(z) - x$ situés dans ces cercles diverge pour tous les x sauf deux au plus. Il s'ensuit qu'*il existe toujours une direction de Borel* Δ *telle que la série* (1) *étendue aux modules des zéros de* $f(z) - x$ *appartenant à un angle arbitraire de bissectrice* Δ *diverge pour tous les* x *sauf deux au plus*. Ces propositions s'étendent dans diverses directions et conduisent à poser plusieurs questions.

II. Soit $h(z)$ une fonction méromorphe dans un secteur

$$|z| < R, \qquad -\alpha \leqq \arg z \leqq \alpha,$$

et sur ses côtés sauf en $z = 0$. On sait que lorsque $h(z)$ est complètement indéterminé à l'origine sur un chemin y aboutissant mais ne l'est pas sur un autre, les deux chemins restant dans un angle complètement intérieur à celui qui limite le secteur, le théorème de M. Picard et même celui de M. Julia s'appliquent. *Si* $h(z)$ *est complètement indéterminé en* $z = 0$ *sur tout chemin du secteur y aboutissant, il n'en est plus toujours ainsi.*

Il suffit pour le voir de faire une représentation conforme sur le secteur d'un domaine limité par des courbes introduites au n° 7 d'un précédent Mémoire ([1]). En étudiant les points où la fonction $g(z, c)$ de ce Mémoire prend une valeur donnée, on reconnaît qu'on peut disposer des coefficients c_n de façon à obtenir directement une fonction $h(z)$ jouissant de la propriété soulignée ci-dessus et qui omet de prendre toutes les valeurs appartenant à un système arbitrairement donné d'un nombre fini d'arcs de courbes simples de Jordan dont l'ensemble ne morcelle pas le plan. Dans les exemples ainsi formés les valeurs exceptionnelles sont uniformément exceptionnelles : elles ne sont plus prises dans le secteur pour $|z| < r$. On peut se demander si, en laissant tomber cette condition, on pourrait obtenir un ensemble exceptionnel dense sur une courbe fermée simple.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur les relations qui relient entre eux les divers glissements à distinguer dans la transmission par courroie.* Note ([2]) de M. **R. Swyngedauw**, présentée par M. G. Kœnigs.

Considérons une courroie reliant deux poulies identiques de même rayon, de même nature, d'axes parallèles dans le même plan horizontal. Soient C

([1]) *Journal de Math.*, 9e série, 7, 1928, p. 113-136.

([2]) Séance du 29 octobre 1928.

l'azimut critique à l'enroulement, c'est-à-dire le plan passant par l'axe de la poulie à partir duquel la courroie est adhérente à la poulie menante, lorsqu'il n'y a pas de glissement d'ensemble; C' l'azimut critique pour le sens de rotation inverse.

Le demi-plan vertical dirigé vers le zénith passant par l'axe d'une poulie de 20^{cm} de diamètre détermine, avec les azimuts C et C', un angle dièdre de 15° ou 165° environ, suivant le sens de rotation.

Soient V_c et V'_c les vitesses linéaires d'un point de la face externe de la courroie passant par les azimuts C et C' de la poulie menante; V'_c et $V'_{c'}$ les vitesses du même point pour les azimuts critiques C et C' de la poulie menée.

Soit W la vitesse du brin tendu et w celle du brin mou.

Les vitesses angulaires des poulies sont liées aux vitesses V_c et V'_c des azimuts critiques d'enroulement de ces poulies par les relations

$$V_c = 2\pi(R+e)N, \qquad V'_c = 2\pi(R+e)N',$$

R étant le rayon de la poulie, e l'épaisseur de la courroie.

D'autre part, on peut écrire l'identité suivante :

$$\frac{N-N'}{N} = \frac{V_c - V_{c'}}{V_c} = \frac{V_c - W}{V_c} + \frac{W - V'_c}{V_c} + \frac{(V'_c - w)}{V_c}.$$

$\frac{N-N'}{N}$ est le glissement angulaire des poulies menante et menée;

$\frac{W-w}{W}$ est le glissement g des brins tendu et mou;

$\frac{V_c - W}{V_c}$ et $\frac{V'_c - W}{V_c}$ sont, en négligeant les termes de second ordre, respectivement les augmentations relatives de vitesse à l'enroulement sur les poulies menante et menée, que nous désignons par Δme el Δge dans une Note antérieure [1].

De sorte que l'on peut écrire

$$\gamma - g = \Delta me - \Delta ge.$$

Or, si l'on se reporte à la Note précitée,

$$\Delta me - \Delta ge = \frac{f\alpha(T-t)}{E_s}.$$

$T - t$ étant l'effort transmis, E le coefficient d'élasticité de la courroie de section s; f le coefficient moyen de frottement dans l'angle critique d'enroulement. Le second membre étant essentiellement positif et proportionnel

---

[1] *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1316.

à $T - t$, la différence $\gamma - g$ est toujours positive et proportionnelle à la charge [1]. Autrement dit, *le glissement angulaire est toujours supérieur ou au moins égal au glissement des brins menant et mené*. L'expérience vérifie nettement cette proposition et contredit ainsi l'opinion généralement admise de l'égalité de ces glissements.

On peut écrire, d'autre part, les identités suivantes :

$$W - w = W - V_c + V_c - V_{c'} + V_{c'} - w = W - V_{c'} + V'_{c'} - V'_c + V'_c - w.$$

Divisons par W et négligeons les termes de second ordre, la variation relative de vitesse linéaire entre les azimuts critiques C et C′ est le glissement fonctionnel sur la poulie entre ces azimuts; nous le désignerons par Φ_m et Φ_g, suivant qu'il s'agit de la poulie menante ou menée

$$\Phi_m = \frac{V_c - V_{c'}}{V_c}, \qquad \Phi_g = \frac{V'_{c'} - V'_c}{V'_c}.$$

En négligeant les termes de second ordre, comme on l'a vu précédemment,

$$\frac{V_c - W}{W} = \Delta me \qquad \text{et} \qquad \frac{V'_c - w}{W} = \Delta ge;$$

de même $\frac{V_{c'} - w}{W}$ et $\frac{V'_{c'} - w}{W}$ sont, avec la même approximation, la baisse relative de vitesse au déroulement sur la poulie menante et menée, que nous avons désignée par Δmd et Δgd dans une Note précédente, de sorte qu'on obtient l'identité suivante

$$g = \Phi_m + \Delta md - \Delta me = \Phi_g + \Delta ge - \Delta gd.$$

Or on a vu par une Note antérieure [2] qu'en posant $B = \frac{f'\alpha'}{Es}$, on a

$$\Delta md = f(R) + Bt, \qquad \Delta gd = f(R) - BT,$$

T étant la tension du brin menant, t celle du brin mené, $f(R)$ une fonction du rayon de la poulie, E le module d'élasticité de la courroie de section s que nous supposerons en première approximation être le même qu'à l'enroulement, f' le coefficient moyen de frottement dans l'angle critique de déroulement α' pour la poulie menante. Par suite :

$$g - \Phi_m = Bt - AT, \qquad g - \Phi_g = At + BT,$$

$$g - \frac{\Phi_m + \Phi_g}{2} = B.\frac{(T+t)}{2} - A\frac{(T-t)}{2}, \qquad \Phi_m - \Phi_g = A(T+t) + B(T-t).$$

(1) Voir *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 1329.

(2) Voir *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 252.

Ces relations, vérifiées par l'expérience [1] montrent :

1° *Que le glissement g des brins est toujours supérieur au glissement fonctionnel* Φ_g *entre les positions critiques de la poulie menée;*

2° *Que g est supérieur à la moyenne des glissements fonctionnels* Φ_m *et* Φ_g *sur les poulies menante et menée entre les positions critiques au moins pour les charges qui ne sont pas trop grandes;*

3° *Que le glissement fonctionnel sur poulie menante dépasse toujours le glissement fonctionnel sur poulie menée et peut parfois, pour une charge suffisante, égaler le glissement des brins.*

CHRONOMÉTRIE. — *Correction de l'effet du champ magnétique sur la marche des montres.* Note de M. **Paul Ditisheim**, présentée par M. Bigourdan.

Les masses d'acier, relativement importantes, que comprend le mécanisme habituel de la montre, sont non seulement susceptibles d'aimantation, mais l'action magnétique complexe de ces organes les uns sur les autres peut devenir un grave élément de perturbation.

Pour pallier à ces effets, A. Cornu proposait au Congrès international de 1900, d'insérer le mouvement des chronomètres dans une enveloppe de fer-doux, analogue à celle du galvanomètre cuirassé de Lord Kelvin. Peu d'années après, M. L. Leroy, horloger de la Marine, obtenait des résultats très satisfaisants avec un dispositif établi suivant ce principe.

L'avènement de l'élinvar pour la compensation de la montre à toutes les températures devait également apporter, du côté de la préservation des marches contre les effets de l'aimantation permanente, un important progrès. Tout en restant accessible à l'influence magnétique, l'élinvar servant à la confection du spiral Guillaume n'en conserve pas de trace appréciable une fois éloigné du champ d'aimantation. Les montres, pourvues du nouveau spiral et d'un simple balancier annulaire en laiton, exposées à l'action d'un champ de l'ordre de 150 gauss qui provoque l'arrêt de toute montre munie du système compensateur habituel, reprenaient leur marche, sans décalage important, à la sortie du champ magnétisant.

Pour l'adaptation du système de l'élinvar aux montres de précision non magnétiques, toute composante d'acier doit être éliminée. Le dispositif de l'affixe compensateur que j'ai créé permet d'effectuer aisément les petites

(1) Voir *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 1329.

retouches nécessaires pour l'annulation des faibles écarts constatés entre les propriétés thermo-élastiques des spiraux de même provenance, écarts dus aux inévitables défauts d'homogénéité chimique de l'alliage ainsi qu'à des différences de traitement thermique ou mécanique des lames.

A côté du dispositif de l'affixe compensateur *vissé* sur un anneau continu, un deuxième type destiné aux montres d'épaisseur ou de diamètre réduits comporte un disque d'acier sectionné, dans le corps duquel se trouve *soudé* l'affixe destiné à la retouche de la compensation. Je désignerai dans la suite ces affixes par les n°s 1 et 2. Les courtes bilames de l'affixe n° 1 sont généralement en acier et laiton.

Ces deux types de balancier, accouplés à des spiraux d'élinvar, ont été adaptés sur une série de mouvements de fabrication mécanique, de 43^{mm} de diamètre, montés les uns dans le type courant de boîtier en maillechort, les autres dans des boîtiers spéciaux, comprenant un cadran paramagnétique. Pour l'enveloppe, certains alliages de perméabilité magnétique élevée, de faible hystérésis et peu oxydables, remplacent convenablement le fer pur.

Les essais résumés ici ont été effectués avec l'obligeante autorisation de M. Fichot, directeur du Service hydrographique, sous la direction de M. Courtier, ingénieur en chef, selon le programme des concours pour montres no-magnétiques de la marine française. Ce programme comprenait, entre autres, des épreuves dans un solénoïde produisant un champ de 22 gauss, suivies d'observations sous diverses orientations par rapport au méridien magnétique.

Montres paramagnétiques à spiral d'élinvar et affixe compensateur.
Marches à 15° en position horizontale, du 16 juillet au 18 août 1928.

Montres.	Marche. — Nord.	Solénoïde, 22 gauss.	Marche dans le champ terrestre, après passage dans le solénoïde.				
			Nord.	Ouest.	Sud.	Est.	Nord.
A...	$-2^s,17$	$-1^s,34$	$-0^s,43$	$-0^s,58$	$-0^s,62$	$-0^s,73$	$-0^s,74$
B...	−1,50	+1,26	+2,81	+3,04	+2,08	−0,03	+2,48
C...	−0,99	+3,01	+3,18	+5,64	+5,65	+6,19	+5,18
D...	+1,07	+1,86	+3,23	+3,16	+3,45	+3,42	+3,58
E...	−2,12	−2,49	−0,43	−0,63	−9,89	−1,05	−0,86

Des observations analogues, effectuées à Besançon par M. Arcay, directeur du Laboratoire de Chronométrie de la Faculté des Sciences, confirment les résultats enregistrés à Paris :

Montres.	Marche à 15°. — Nord.	Solénoïde, 25 gauss à 15°.	Marche à 15° dans le champ terrestre, après épreuve dans le solénoïde. Nord.	Sud.	Ouest.	Est.	Épreuve thermique. 30°.	0°.
1...	−4,0 s	−3,7 s	−2,2 s	−2,2 s	−3,0 s	−2,5 s	0,0 s	−4,0 s
2...	+0,5	+1,5	+2,7	+2,7	+4,5	+3,0	+4,5	+3,8
3...	+0,5	+2,5	+3,5	+3,5	+3,5	+3,0	+5,0	+4,0
4...	0,0	−1,0	+2,0	+2,5	+2,0	+2,5	+5,5	+1,5
5...	0,0	−0,5	0,0	−1,5	+0,5	−1,0	»	»

L'influence du passage dans le solénoïde, sous un champ équivalent à 48 fois l'intensité du champ terrestre à Paris, se limite à une avance moyenne de 1^sec,3, pour l'ensemble des montres étudiées, comparativement aux marches qui ont suivi l'observation sous l'action du champ magnétique artificiel. On constate dans le champ terrestre, après la sortie du solénoïde, une avance de marche de 2^sec,3 en moyenne.

On trouvera ci-après un résumé se rapportant à des groupes de montres ayant subi les épreuves du Service hydrographique (S. hydr.) et du Laboratoire de Chronométrie (Lab.) de Besançon.

Groupe de montres.	Boîtier.	Spiral.	Balancier.	Champ magnétique artificiel.	Écart dans le solénoïde.	
I....	ordinaire	élinvar	affixe n° 2	22 gauss	+10230 sec.	S. hydr.
II....	ordinaire	élinvar	affixe n° 1	25	+ 238	Lab.
III...	paramagn.	élinvar	affixe n°s 1 et 2	22	+ 1,6	S. hydr.
IV...	paramagn.	élinvar	affixe n°s 1 et 2	25	+ 0,4	Lab.

Il en résulte que l'avance des marches, atteignant 2^h 54^m 30^s en 24 heures pour les montres à spiral d'élinvar pourvues du balancier à affixe n° 2, exposées dans un champ magnétique artificiel, descend à 3^m 58^s pour le groupe de montres réglées avec le balancier à affixe n° 1. Lorsqu'on insère les mouvements munis de l'un ou de l'autre dispositif de l'affixe dans leur enveloppe paramagnétique spéciale, l'avance à l'intérieur du solénoïde se réduit à un chiffre voisin de la seconde, comparativement aux marches préalablement observées dans le champ terrestre.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur un écho d'ondes électromagnétiques courtes arrivant plusieurs secondes après le signal émis et son explication d'après la théorie des aurores boréales.* Note de M. **Carl Störmer**, présentée par M. H. Deslandres.

En février 1928 je reçus une lettre de M. Jörgen Hals de Bydgdö près d'Oslo, disant qu'il avait pendant l'automne de 1927, à plusieurs reprises, observé dans son radio un écho des signaux émis par la station P. C. J. J. de Philips à Eindhoven, et que cet écho arrivait environ 3 secondes après le signal original; il ajoute qu'il n'avait lui-même aucune idée de l'origine de cet écho.

Comprenant aussitôt l'importance de cette observation en tant que vérification expérimentale de mes recherches théoriques sur l'aurore boréale faites en 1904 et auxquelles nous reviendrons bientôt, je préparai aussitôt une série d'expériences. Des signaux spéciaux furent émis par M. Balth. van der Pol à Philips-radio, Eindhoven, et nous essayâmes de les observer et de les enregistrer tantôt de chez M. Hals qui possède un récepteur fort sensible, tantôt de l'usine de Eleklrisle Bureau à Oslo, avec le concours de l'administration télégraphique de Norvège.

Après une série prolongée d'essais négatifs à cause surtout de la rareté du phénomène, nous réussîmes enfin le 11 octobre dernier, M. Hals et moi, à observer une belle série d'échos. Dans l'après-midi, la station P. C. J. J. envoya pendant une demi-heure et à des intervalles de 20 secondes une série de signaux d'ondes très fortes et non amorties d'une longueur d'onde de $31^{m},4$. Les échos nous arrivèrent à des intervalles variables entre 3 et 15 secondes, le plus souvent de 8 secondes; voici à peu près les intervalles notés par moi : 15, 9, 4, 8, 13, 8, 12, 10, 9, 5, 8, 7, 6 et 12, 14, 14, 12, 8 et 12, 5, 8 et 12, 8, 5, 14, 14, 15, 12, 7, 5, 5, 13, 8, 8, 8, 13, 9, 10, 7, 14, 6, 9, 5 et 9. Ces chiffres ne prétendent pas être exacts mais ils donnent en tout cas une idée qualitative du phénomène. Quelquefois l'écho était double. M. Hals observa en même temps quelques échos à trois secondes d'intervalle. Après ce résultat je télégraphiai immédiatement à M. van der Pol en lui demandant de vérifier le phénomène, et le lendemain je reçus un télégramme me disant qu'il avait pendant la nuit répété l'émission et observé

lui-même des échos arrivant à des intervalles de 3 à 15 secondes, la moitié de ces échos étant à 8 secondes d'intervalle.

Nous avons répété quatre fois l'expérience mais sans percevoir aucun écho.

Ces échos, qui doivent provenir de l'espace cosmique situé au delà de l'orbite de la Lune, sont d'un très grand intérêt. En effet, j'avais déjà en 1904 trouvé par l'analyse mathématique que des corpuscules électriques venant de très loin, du Soleil par exemple, ont dû être déviés par le magnétisme terrestre de telle sorte qu'il se crée autour de la Terre un immense espace de forme toroïde à l'intérieur duquel les corpuscules ne peuvent pénétrer. Cet espace est engendré par la révolution d'un certain ovale autour de l'axe magnétique de la Terre, cet ovale étant tangent à cet axe au centre de celle-ci. Maintenant, si les ondes électromagnétiques arrivent à pénétrer la couche Heaviside, ils entrent dans cet espace vide, puis poursuivent leur route jusqu'à ce qu'elles rencontrent des courants où des surfaces de corpuscules se mouvant hors de cet espace. Sous des conditions favorables, elles peuvent alors être réfléchies et si elles sont encore assez fortes pour percer l'atmosphère, elles nous parviendront alors comme des échos.

La distance minima de la Terre à l'endroit de réflexion sera, d'après ma théorie, égale à

$$(\sqrt{2}-1)\sqrt{\frac{M}{H\rho}} \text{ centimètres,}$$

où M est le moment magnétique de la Terre, $M = 8,4.10^{25}$, et $H\rho$ un produit caractéristique des corpuscules, égal à $\frac{m}{e}v$, où m est la masse, v la vitesse et e la charge en unités électromagnétiques (système centimètre, gramme, seconde).

En multipliant cette distance par 2 et la divisant par la vitesse de la lumière, on calcule alors la durée minimum de l'intervalle entre le signal et l'écho. On trouve donc un intervalle de 15 secondes si les échos arrivent du courant de rayons cathodiques correspondant à $M\rho = 300$ et un intervalle de 4 secondes si les courants sont formés des rayons β de radium correspondant à $M\rho = 4000$. Nous obtenons ainsi de nombres de même ordre que les intervalles observés.

Les recherches seront poursuivies en attendant de nouvelles manifestations de ce curieux phénomène.

Remarques sur la Communication précédente, par M. **H. Deslandres.**

Le résultat annoncé par M. Störmer a une importance exceptionnelle. C'est le premier coup de sonde direct dans les espaces célestes, pour la reconnaissance de couches qui, par elles-mêmes, sont invisibles. La méthode est identique à celle, basée sur l'emploi des ultra-sons, qui permet aux marins de déterminer à tout instant la profondeur de la mer au-dessous de leur navire. Les établissements de Géophysique et d'Astronomie devront évidemment s'organiser pour relever d'une manière continue ces échos caractéristiques et tout le long de l'échelle des longueurs d'ondes.

L'explication simple de Störmer implique l'existence d'essaims denses d'électrons, ou d'une manière générale, d'essaims denses de particules électrisées dans le voisinage de la Terre. Or, nous savons que le Soleil émet de semblables essaims, plus ou moins fortement suivant les jours.

J'ai donc examiné l'état du Soleil le 11 octobre et avant le 11 octobre sur les épreuves de Meudon qui relèvent chaque jour la surface de l'astre et les trois couches superposées de son atmosphère.

Le 11 octobre, le Soleil présentait dans l'hémisphère nord trois beaux groupes de taches, un groupe à l'Ouest, et deux à l'Est, environ à un jour et à deux jours du méridien central. Le dernier groupe de l'Est, le plus important, était formé de taches multiples, qui, depuis leur apparition au bord le 7 octobre, avaient subi des variations notables. Les vapeurs d'hydrogène et de calcium au-dessus avaient un très grand éclat. A signaler aussi deux très petites taches du même hémisphère qui, visibles le 10, à un jour du méridien central à l'Est, étaient réduites le 11 à une seule. De plus la tache restée seule était, le 11, dédoublée et au centre de l'astre.

D'autre part, les courbes de la déclinaison magnétique ont montré une certaine agitation les 10 et 11 octobre; et la variation diurne de l'aiguille a été croissante du 9 au 11.

Bref, l'état du Soleil, le 11 octobre, était favorable à l'émission forte de particules électrisées, qui ont pu, la plupart, passer près de la Terre sans l'atteindre. Même les conditions étaient telles que des essaims de particules, émanés de points différents du Soleil, et animés de vitesses différentes, ont pu passer presque en même temps dans la même région, aux alentours de la Terre ([1]).

([1]) Une particularité curieuse du phénomène observé est que les retards des échos successifs, relevés pendant une demi-heure, sont très différents.

GÉODÉSIE. — *Sur l'ellipticité de l'équateur terrestre.*
Note ([1]) de M. **Mario Bossolasco**, présentée par M. Georges Perrier.

On sait qu'en développant le potentiel de la gravité à la surface du sphéroïde, suivant des fonctions sphériques, on trouve :

$$(1)\qquad g_0 = g_a \Big\{ 1 + (\beta_2 + \beta_4)\sin^2\varphi + \beta'_2 \cos^2\varphi \cos 2(\lambda - \lambda_0) + \beta_3\left(\frac{3}{5}\sin\varphi - \sin^3\varphi\right) - \frac{\beta_4}{4}\sin^2 2\varphi \Big\},$$

g_0, gravité normale au point de latitude φ, de longitude λ (Est Greenwich); g_a, gravité à l'équateur, correspondant au rayon moyen de celui-ci; β_3, coefficient nul quand il y a complète symétrie entre les deux hémisphères; $\beta_4 = +0{,}000028$ d'après Wiechert ([2]); β_2, β'_2, λ_0, coefficients fournis par la compensation de l'ensemble des observations de gravité (β'_2 est fonction de la différence B — A des deux moments d'inertie principaux équatoriaux).

Helmert (1915), Berroth et, à deux reprises, Heiskanen (1924 et 1928) ont obtenu ainsi quatre formules du type (1) dans lesquelles λ_0 varie de $+17^\circ$ à -18°. On en déduit aisément, d'après l'expression théorique du coefficient β'_2, que le petit axe d'inertie équatorial aboutit aux environs du méridien de Greenwich, que l'ellipse équatoriale est allongée dans le sens de ce méridien, et que la différence de ses deux axes varie, suivant les formules, de 150 à 345^{m}. Tels sont les résultats généralement acceptés aujourd'hui.

Mais, à mon avis, la position de l'ellipse équatoriale, obtenue comme il vient d'être indiqué, n'est pas satisfaisante :

En posant $\varphi = 0$ dans (1), on voit que le long de l'équateur la gravité est maximum pour $\lambda = \lambda_0$, à la condition que β'_2 soit positif, ce qui exige que B soit plus grand que A; mais, si l'on attribue à l'équateur la forme d'une ellipse, de l'inégalité $B > A$ il résulte $a > b$: ainsi la gravité le long de l'équateur d'un sphéroïde quelconque serait maxima aux points les plus

---

([1]) Séance du 15 octobre 1928.

([2]) *Nachrichten der Gesell. d. Wiss. zu Göttingen*, 1897, p. 221. La valeur de β_4 ne semble dépendre que peu de la constitution interne de la Terre; indépendamment de celle-ci, M. Somigliana a trouvé récemment pour l'ellipsoïde de révolution : $\beta_4 = +0{,}000002$ (*Atti Accad. Lincei*, Roma, 1° sem. 1928, VII, p. 531).

éloignés du centre : résultat en contradiction avec les principes mêmes de la théorie du potentiel.

Cette observation m'a conduit à vérifier les calculs dont résulte la relation (1) : j'ai trouvé que l'incompatibilité signalée provient de ce que l'on a fixé *a priori* la position des axes principaux d'inertie équatoriaux.

Je suis parvenu à ce résultat, que *l'ellipse équatoriale déduite des mesures gravimétriques doit être allongée, non dans la direction du méridien de Greenwich, mais dans la direction exactement normale*, sans altération de forme. Je le montrerai en détail dans un Mémoire qui examinera particulièrement les conséquences géophysiques du résultat ainsi énoncé.

Mais, je désire le remarquer dès à présent, la position de l'ellipse équatoriale que je déduis des mesures gravimétriques est bien en accord avec celle qu'on obtient par la considération de la distribution relative des continents et des océans. Le calcul de l'influence de cette distribution a déjà été effectué par M. K. Mader (1) : le résultat obtenu par cet auteur est que ladite distribution doit causer, sans aucune compensation de masses, une différence $a - b$ entre les axes de l'ellipse équatoriale de 237^m ou de 268^m, chacun de ces nombres correspondant à deux hypothèses différentes introduites dans un but de simplification et le petit axe de l'ellipse étant, dans les deux cas, dirigé vers le méridien situé à $8°2'$ à l'Est de celui de Greenwich.

Les longs calculs de M. K. Mader sont conduits avec une précision inutile, car dans son Mémoire il suppose les continents et les océans ayant une hauteur ou une profondeur moyennes constantes (400 à 800^m pour les premiers et 4000^m pour les autres) ; cette hypothèse altère la distribution des masses continentales et des mers, distribution que l'on veut précisément étudier. Cette remarque m'a porté à rechercher à nouveau l'influence de la distribution des océans et des continents : dans ce but j'ai fait usage de quelques résultats déjà obtenus par M. Marcel Brillouin (2). Abstraction faite de toute compensation de masses, j'ai obtenu, pour la différence $a - b$, 340^m, et pour la direction du petit axe de l'ellipse équatoriale $3°35'$ Est Greenwich. Du Mémoire de Mader on déduit que toute sorte de compensation isostatique ne peut changer sensiblement la position de cette ellipse.

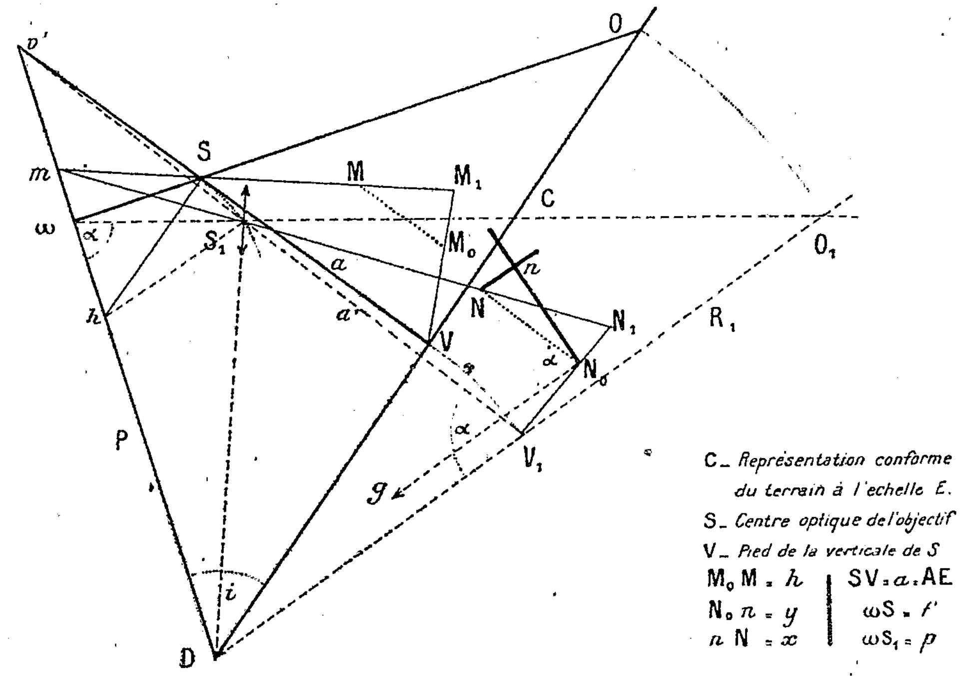
---

(1) *Gerlands Beiträge zur Geophysik*, 18, S. 145. Cf. aussi K. Jung, *Zeitschrift für Geophysik*, 1928, Jahrg. 4, Heft 1, p. 33.

(2) *Bulletin géodésique*, n° 11, juillet-août-septembre 1926, p. 155.

TOPOGRAPHIE. — *Sur la restitution correcte d'une figure à trois dimensions (application aux photographies aériennes).* Note[1] de M. **H. Roussilhe**, présentée par M. E. Fichot.

J'ai montré [2] comment on peut, à l'aide d'un appareil spécial, restituer rapidement et correctement le cliché P sur un plan quelconque R_1 : un objectif placé en S_1 donne d'abord un *redressement* de P ; on détermine alors la position du point de station (point V et altitude A), puis on effectue les corrections d'altitude.



Or, en résolvant le triangle $S_1V_1O_1$, on obtient :

$$S_1V_1D_1 = S_1\omega D = \alpha, \qquad V_1S_1 = a' = a\frac{p}{f}.$$

Par suite, quand le plan de restitution R_1 tourne autour de la droite D, le quadrilatère $\omega S_1 V_1 D$ se déforme : *les angles en* ω *et* V_1 *restent égaux, le rapport* $\frac{V_1S_1}{S_1\omega}$ *reste constant et égal à* $\frac{a}{f}$.

(1) Séance du 22 octobre 1928.

(2) *Comptes rendus*, 175, 1922, p. 944.

A un point M de l'espace initial (vu en M_1 sur le plan C) correspond donc un point N de l'*espace restitué* (vu en N_1 sur le plan R_1) et l'on a

$$N_0N = h' = h\frac{p}{f}, \qquad \widehat{NN_0g} = \alpha.$$

Finalement, tout se passe comme si le relief initial était, dans chaque solution de la restitution, *amplifié* et *couché*.

Il est facile de matérialiser cette déformation géométrique : un *pylône* N_0nN, centré en N_0 (position géodésique du repère N) est constitué par deux bras à curseurs, calés suivant les composantes

$$x = h\frac{p}{f}\cos\alpha, \qquad y = h\frac{p}{f}\sin\alpha$$

et lesté de manière que le bras nN reste parallèle à la perspective N_0g de la ligne de plus grande pente du cliché. Dans tous les déplacements du plan des repères N_0, nécessaires à la recherche méthodique d'une solution correcte de redressement, les index N de l'espace restitué représentent alors *automatiquement* le terrain initial déformé par la perspective (S_1R_1).

L'approximation obtenue dans la détermination du point de station S, pour $f = 0^m,50$ et $A = 2400^m$, varie, suivant l'inclinaison i du cliché, entre 3 et 7^m pour la position du point V, entre 2 et 3^m pour l'altitude A.

J'ajouterai qu'en partant de ces résultats approchés, on peut obtenir une solution de calcul du *problème de la carte dans l'espace*.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Généralisation relativiste de la nouvelle théorie d'Einstein.* Note [1] de M. **Th. De Donder**.

Nous allons montrer comment on peut généraliser et simplifier la nouvelle théorie d'Einstein [2] en l'écrivant sous forme invariante par rapport à un changement *quelconque* des variables x^1, x^2, x^3, x^4.

I. Introduisons la forme quadratique *symétrique*

$$(1) \qquad (\delta s^*)^2 \equiv g^*_{\alpha\beta}\,\delta x^\alpha \delta x^\beta \qquad (\alpha, \beta = 1, \ldots, 4)$$

qui définira *le champ de base*. Conformément aux idées de H. Poincaré, on

---

(1) Séance du 29 octobre 1928.

(2) A. Einstein, *Sitzungsberichte Akademie Wissenschaften Berlin, Physikalische-mathematische Klasse*, 14 juin 1928, XVII-XIX, p. 224-227.

choisira la géométrie ou l'espace-temps (1) de manière à atteindre à la plus grande *commodité*, au cours de la résolution du problème physique considéré.

Les mineurs de $g^{\star}_{\alpha\beta}$ divisés par le déterminant $g^{\star}$ des $g^{\star}_{\alpha\beta}$ seront désignés par $g^{\alpha\beta}_{\star}$. On aura donc aussi $g^{\alpha\beta}_{\star} \equiv g^{\beta\alpha}_{\star}$. Les $g^{\star}_{\alpha\beta}$ sont doublement covariants; les $g^{\alpha\beta}_{\star}$ sont doublement contravariants.

Considérons maintenant la forme *bilinéaire*

$$h_{\alpha\beta}\,\delta_1 x^{\alpha}\,\delta_2 x^{\beta} \tag{2}$$

où les $h_{\alpha\beta}$ sont asymétriques; donc si α est différent de β, on aura, en général, $h_{\alpha\beta}$ différent de $h_{\beta\alpha}$. Nous aurons ainsi 16 fonctions $h_{\alpha\beta}$ doublement covariantes. Désignons encore par $h^{\alpha\beta}$ le mineur de $h_{\alpha\beta}$ divisé par le déterminant h des $h_{\alpha\beta}$. Les $h^{\alpha\beta}$ seront doublement contravariants. Enfin, introduisons les 10 fonctions symétriques covariantes

$$g_{\alpha\beta} \equiv g^{\gamma\varepsilon}_{\star}\, h_{\alpha\gamma}\, h_{\beta\varepsilon}, \tag{3}$$

ainsi que les 10 fonctions symétriques contravariantes

$$g^{\alpha\beta} \equiv g^{\star}_{\gamma\varepsilon}\, h^{\alpha\gamma}\, h^{\beta\varepsilon}. \tag{4}$$

Le symbole $g^{\alpha\beta}$ est le mineur de $g_{\alpha\beta}$ divisé par le déterminant g des $g_{\alpha\beta}$.

En conservant les notations d'Einstein, nous poserons :

$$\Lambda^{\gamma}_{\alpha\beta} \equiv \frac{1}{2}\, h^{\gamma a}(h_{\alpha a.\beta} - h_{\beta a.\alpha}). \tag{5}$$

où $h_{\alpha a.\gamma}$ représente la dérivée covariante de $h_{\alpha a}$ par rapport à x_{γ}, conformément à (1); on aura donc

$$h_{\alpha a.\gamma} \equiv \frac{\partial a_{\alpha a}}{\partial x_{\gamma}} - \left(h_{\varphi a} \left\{ \begin{matrix} \alpha\gamma \\ \varphi \end{matrix} \right\}_{\star} + h_{\alpha\varphi} \left\{ \begin{matrix} a\gamma \\ \varphi \end{matrix} \right\}_{\star} \right); \tag{6}$$

les accolades $\{\ \}_{\star}$ sont prises au moyen des $g^{\star}_{\alpha\beta}$ de (1).

On aura, enfin, les potentiels électromagnétiques d'Einstein généralisés :

$$\Phi_{\alpha} \equiv \Lambda^{\beta}_{\alpha\beta} \quad \text{ou} \quad \frac{1}{2}\, h^{\beta a}(h_{\alpha a.\beta} - h_{\beta a.\alpha}). \tag{7}$$

II. *Cas particulier où le champ de base est de Minkowski.* — Nous pouvons choisir les variables $x_1, \ldots, x_4$ de manière à avoir

$$g^{\star}_{\alpha\beta} \equiv \delta^{\beta}_{\alpha}. \tag{8}$$

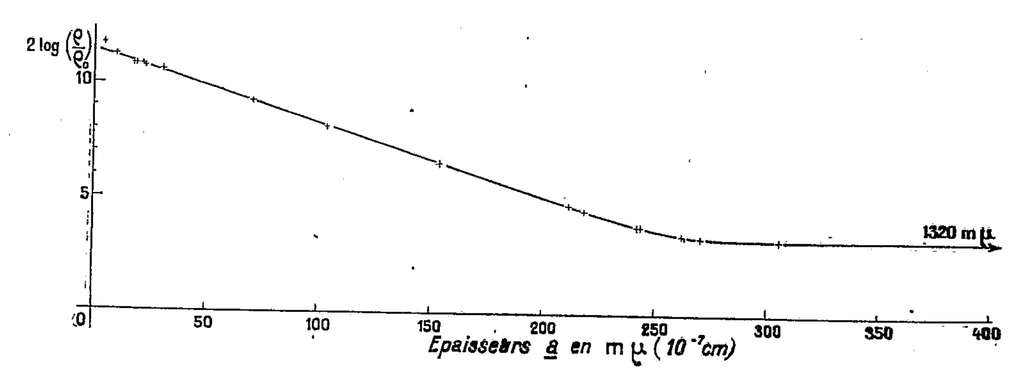
Alors, (3) et (4) deviennent :

$$g_{\alpha\beta} = h_{\alpha a} h_{\beta a} \quad \text{et} \quad g^{\alpha\beta}_{0} = h^{\alpha a} h^{\beta a}. \tag{9}$$

Enfin, observons que les dérivées covariantes (6) se réduisent à des dérivées *partielles ordinaires*. Nous retrouvons donc tous les résultats d'Einstein [1] comme cas particulier de notre théorie.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Variation de la résistivité des couches minces de platine en fonction de l'épaisseur et la température*. Note [2] de M. **A. Féry**, présentée par M. Perrin.

Dans une étude précédente [3], j'ai montré que la résistivité des couches minces de platine obtenues par pulvérisation cathodique variait exponentiellement avec l'épaisseur du dépôt, entre 4,4 244,4$^{m\mu}$. Je me suis proposé de poursuivre les expériences jusqu'au moment où la résistivité ne dépen-



(ρ_0 = résistivité moyenne du platine usuel = 10^{-5} ohm-cm).
Fig. 1.

dant plus de l'épaisseur, le métal est devenu « massif ». Aux épaisseurs supérieures à 242$^{m\mu}$, la pesée directe du dépôt à la microbalance offre alors une bonne précision. Admettant une densité constante du métal, on en déduit l'épaisseur a. La loi expérimentale, valable entre 4,4$^{m\mu}$ et 1320$^{m\mu}$, est représentée par la courbe ci-dessus (*fig.* 1) que l'on peut décomposer en deux régions rectilignes d'équations

$$2\log\left(\frac{\rho}{\rho_0}\right) = 11,48 - 0,0135 \times a$$

(1) Dans sa fonction caractéristique H, Einstein écrit h [voir p. 225, éq. (1, a) et p. 227]; il *faut* évidemment $\sqrt{h}$, sinon les 16 équations obtenues par le principe variationnel ne seraient plus invariantes.

(2) Séance du 15 octobre 1928.

(3) *Journal de Physique*, 9, janvier 1928, p. 38.

et

$$2 \log\left(\frac{\rho}{\rho_0}\right) = 3{,}245,$$

reliées entre $237^{m\mu}$ et $285^{m\mu}$ par une très petite zone curviligne qui ne peut être représentée par une formule hyperbolique. Au delà de $287^{m\mu}$, le métal peut donc être considéré comme massif. *Mais ce n'est pas le platine auquel nous sommes habitués :* sa résistivité, égale à $4{,}19.10^{-4}$ ohm-cm, est 40 fois plus forte que la résistivité moyenne du platine ordinaire. De plus, il a l'apparence noirâtre qui a donné son nom au « noir de platine », par opposition à l'aspect brillant du platine ordinaire.

Il ne s'agit pourtant pas là d'une poudre plus ou moins régulièrement disposée. Les résultats sont très comparables entre eux, et les plus forts grossissements microscopiques ne permettent pas de déceler un « grain ».

Dans les projections dont il s'agit ici, la plaque-support recevant le dépôt n'est pas chauffée de façon notable par la projection, la tension de décharge étant faible (700 volts). Mais en chauffant les dépôts après l'opération qui les a produits (chauffage effectué sous le vide relatif qui permet la décharge) leur résistance évolue. Elle croît d'abord de façon réversible quand la température augmente. Puis, sitôt que la température atteint un certain seuil, la résistance évolue, à température constante, de façon irréversible et décroît continuellement, tendant vers une certaine limite. Le seuil de température est : variable avec l'épaisseur de la couche lorsque celle-ci n'atteint pas celle qui correspond au « métal massif », constant dans l'autre cas. Dans ce cas, le seuil est voisin de 140°. Il est inférieur à cette température pour les faibles épaisseurs. La résistance limite vers laquelle tendent les dépôts semble dépendre de la température constante à laquelle on opère. Elle diminue quand cette température augmente. En tout cas, en élevant la température, on accélère l'évolution et, à 340°, l'évolution est pratiquement terminée au bout de 24 heures : la résistivité que l'on obtient alors est comprise dans les limites que les tables assignent à la résistivité du platine. Simultanément, la résistance de ces dépôts devient insensible à l'humidité : il est raisonnable de penser que les couches ont perdu leur pouvoir adsorbant.

Inversement, si l'on ne prend pas, au cours de la décharge, les précautions que nous avons dites, on obtient directement la forme de dépôt stable à la température que le support atteint pendant cette décharge. Si l'on chauffe à 300° le tube *pendant* la décharge, le dépôt qui se forme a l'appa-

rence blanche et brillante du platine usuel. Mais ce n'est encore qu'une forme intermédiaire. Ce n'est qu'aux environs de 340° que la décharge fournirait *directement* le platine usuel.

J'ai voulu alors savoir si ce platine noir n'était pas comparable au « noir de platine » de la chimie. Dans ce but, j'ai disposé sur la paroi interne d'un tube cylindrique une couche épaisse de platine noir et j'ai laissé le tube se remplir d'un mélange tonnant hydrogène-oxygène soigneusement desséché. Une explosion eut lieu qui fit voler en éclats le tube. Mais, sur chacun des morceaux de ce dernier, tout autour des points qui avaient servi d'amorce à la catalyse, des plages circulaires de platine blanc s'étaient formées, comme le montre le cliché ci-dessous (*fig.* 2). Le pouvoir catalyseur

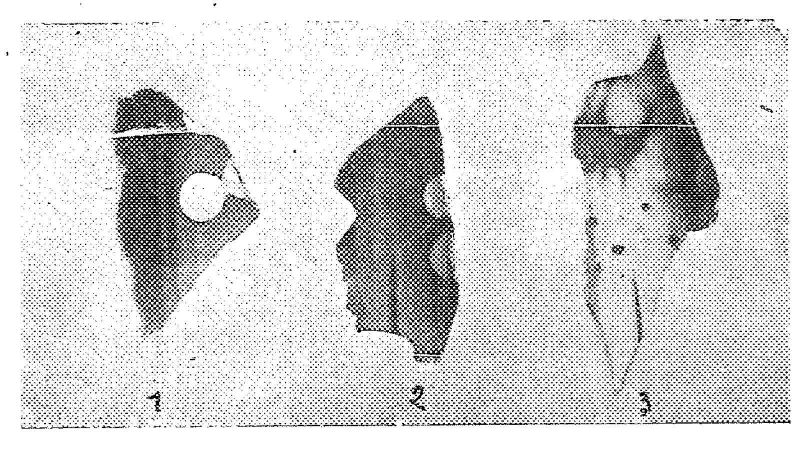


Fig. 2.

du platine était détruit par la réaction même, malgré la subsistance de plages noires.

La très grande diversité des résultats obtenus par les nombreux chercheurs en ce qui touche aux propriétés des couches minces de platine provient donc de l'existence de toutes les formes intermédiaires entre deux variétés de dépôts : le dépôt noir et le dépôt brillant. Nous pensons que le dépôt noir est une limite à ces formes (au même titre que le dépôt brillant). La forme noire est adsorbante, résistante, catalytique.

De quelle nature est la différence entre les deux dépôts (structure cristalline, combinaison chimique ou état d'agrégation)? Il m'est encore difficile de le dire.

MAGNÉTISME. — *La cristallisation des substances mésomorphes dans le champ magnétique. Obtention d'un solide à molécules orientées.* Note [1] de M. G. Foëx, présentée par M. Pierre Weiss.

Substances nématiques. — Un champ de quelques milliers de gauss, agissant sur une phase nématique, impose à ses molécules une orientation telle que la substance prenne les propriétés optiques d'un uniaxe d'axe parallèle au champ [2].

L'orientation peut être mise en évidence par la mesure du coefficient d'aimantation à diverses températures [3]; la valeur absolue de cette constante est notablement plus petite pour la phase nématique orientée que pour le solide ou le liquide isotrope (voir le tableau ci-après).

Lorsque la phase nématique orientée cristallise sans précautions spéciales, le coefficient d'aimantation croît brusquement jusqu'à une valeur voisine de celle qui caractérise la phase isotrope. Le solide obtenu, formé de petits cristaux orientés au hasard, est pratiquement isotrope au point de vue magnétique.

On obtient au contraire un solide fortement anisotrope en procédant de la façon suivante : on chauffe la substance dans le champ jusqu'à ce qu'elle soit presque entièrement fondue; on obtient ainsi une phase nématique orientée en contact avec une quantité minime de solide [4]. On laisse alors refroidir pour produire la cristallisation; la surfusion se trouve évitée et l'on constate que *le coefficient d'aimantation reste rigoureusement invariable au cours de la solidification;* il conserve ensuite la même valeur jusqu'à la température ordinaire.

L'orientation des molécules dans le solide ainsi préparé est donc la même que dans la phase nématique orientée.

Le tableau suivant contient les valeurs trouvées pour le coefficient d'aimantation du para azoxyanisolphénétol dans ses différents états.

---

[1] Séance du 29 octobre 1928.

[2] Mauguin, *Comptes rendus*, 152, 1911, p. 1680.

[3] G. Foëx et L. Royer, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1912.

[4] Aucune précaution n'a été prise pour que cette petite quantité de solide puisse s'orienter dans le champ ou soit composée d'un cristal unique.

Température. °C.	État physique.	$-\chi.10^6$.
160	liquide isotrope	0,562
22	solide non orienté	0,565
87	phase nématique orientée	0,4554
73	solide orienté par le champ	0,4550
20	id.	0,453

La substance était contenue dans une ampoule cylindrique de 8mm de diamètre et 8mm de haut, l'axe du cylindre était vertical, le champ magnétique horizontal.

Le solide à molécules orientées est formé de petits cristaux facilement visibles à l'œil nu; il est fortement anisotrope :

Substance dans la position où elle a cristallisé......... $\chi = -0{,}453.10^{-6}$
Substance tournée de 90° autour de l'axe du cylindre... $\chi = -0{,}601.10^{-6}$

L'azoxyphénétol se comporte comme l'azoxyanisol-phénétol.

Phase smectique. — Para azoxybenzoate d'éthyle. Le dispositif expérimental est le même : ampoule cylindrique à axe vertical, champ magnétique horizontal très intense.

Le solide obtenu dans le champ par cristallisation de la phase smectique est anisotrope, mais contrairement à ce que donnent les nématiques et contrairement à ce que l'on devait attendre, le diamagnétisme est plus fort dans la direction du champ orientant que dans la direction horizontale perpendiculaire. Les coefficients d'aimantation observés sur l'une des préparations sont, en unités arbitraires :

Dans la direction du champ orientant................................ 945
Dans la direction perpendiculaire au champ et à l'axe du cylindre..... 859
Phase liquide isotrope.. 980

L'expérience répétée à diverses reprises en variant les conditions du refroidissement, la nature du récipient, l'intensité du champ, a toujours donné des résultats de même sens.

PHYSIQUE. — *Les pellicules sphériques électrisées et les orbites privilégiées de Bohr-Sommerfeld.* Note de M. **L. Décombe**, présentée par M. Ch. Fabry.

Nous avons précédemment rattaché le mécanisme de l'émission spectrale aux battements qui interviennent entre les pulsations propres des électrons

qui évoluent dans l'atome sur les orbites privilégiées de Bohr-Sommerfeld [1].

Ces orbites privilégiées satisfont elles-mêmes à des conditions ondulatoires que nous allons indiquer.

1. Soit N_0 la fréquence pulsatoire d'un électron libre et au repos. Soient de plus v_r et v_a les composantes radiale et azimutale de la vitesse v d'un électron en révolution orbitale à l'intérieur d'un atome déterminé, $\mathfrak{N}_r$ la fréquence radiale et $\mathfrak{N}_a$ la fréquence azimutale de la révolution qui, comme on le sait, diffèrent légèrement l'une de l'autre dans le cas général où les orbites ne sont pas fermées et $\frac{\mathfrak{N}_r}{N_0}$, $\frac{\mathfrak{N}_a}{N_0}$ ces mêmes fréquences *réduites*, c'est-à-dire rapportées à la fréquence N_0 considérée comme fondamentale. On vérifie aisément (compte tenu de la relation $m_0 c^2 = h N_0$) que les orbites privilégiées de Sommerfeld satisfont aux deux conditions ondulatoires suivantes $\left(\text{dans lesquelles on a posé pour abréger } N_c = \frac{N_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}\right)$:

Sur toute orbite privilégiée la valeur moyenne de la quantité $N_c\left(\frac{v_r}{c}\right)^2$ *est égale à un nombre entier de fois* (n) *la fréquence radiale de révolution* $\mathfrak{N}_r$ *et la valeur moyenne de la quantité* $N_c\left(\frac{v_a}{c}\right)^2$ *à un nombre entier de fois* (n') *la fréquence azimutale de révolution* $\mathfrak{N}_a$. Il en résulte immédiatement que, *sur toute orbite privilégiée, la valeur moyenne de la quantité* $N_c\left(\frac{v}{c}\right)^2$ *est égale à* $n\mathfrak{N}_r + n'\mathfrak{N}_a$.

La constante α de Sommerfeld qui joue un rôle fondamental dans la théorie de la structure fine (ou plus exactement le carré α^2 de cette quantité qui seul intervient dans les formules), l'aplatissement des orbites et la lente rotation du périhélie sont d'ailleurs susceptibles d'interprétations ondulatoires simples sur lesquelles je n'insisterai pas ici.

2. Dans le cas particulier où la vitesse orbitale v est assez petite pour que la quantité $\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$ puisse être prise égale à l'unité, les orbites se ferment et l'on a $\mathfrak{N}_r = \mathfrak{N}_a = \mathfrak{N}$, $\mathfrak{N}$ désignant la fréquence de révolution qui est alors définie sans ambiguïté. On a, de plus, $N_c = N_0$.

Les conditions précédentes se simplifient et conduisent alors à l'énoncé suivant :

---

[1] *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 1263.

Sur toute orbite privilégiée les moyennes quadratiques des vitesses radiale, azimutale et totale réduites, c'est-à-dire rapportées à la vitesse de la lumière, sont égales chacune à un nombre entier de fois la fréquence réduite de la révolution orbitale.

Si l'on pose $n + n' = p$, on établit aisément aussi la proposition suivante :

Le double de la variation éprouvée par la fréquence pulsatoire d'un électron d'abord libre et au repos, lorsqu'il passe sur l'orbite privilégiée de rang p, est égal à p fois la fréquence de révolution sur cette orbite.

Si l'on suppose enfin que la pellicule électronique soit susceptible d'autres modes de pulsation que la pulsation fondamentale considérée jusqu'à présent et si l'on admet, par analogie avec ce qui a lieu, par exemple, pour les cloches [1], qu'elle puisse rendre au repos les pulsations harmoniques $N_0.2^2$, $N_0.3^2$, ... et, sur l'orbite de rang p, les harmoniques $N.2^2$, $N.3^2$, ... (qui correspondent respectivement à l'apparition de 2, 3, ... lignes nodales méridiennes) on obtient encore, pour caractériser l'orbite de rang p, l'énoncé suivant :

La variation $(N_0 p^2 - N p^2)$, *éprouvée par la fréquence du* $p^{\text{ième}}$ *harmonique de la pulsation électronique lorsqu'un électron, d'abord libre et au repos, passe sur l'orbite de rang p est égale, pour un élément du nombre atomique* A, *à la quantité constante* $\mathcal{R} A^2$.

Cet énoncé très remarquable fournit de la constante $\mathcal{R}$ de Rydberg une interprétation physique simple qu'on rapprochera de celle obtenue précédemment pour la constante h de Planck [2].

Les orbites privilégiées déterminées par les conditions précédentes ne sont probablement pas les seules possibles. Mais comme elles satisfont à des conditions qui possèdent les caractères de conditions de résonance, on conçoit que leur stabilité soit fortement assurée et que l'intensité de la pulsation électronique y soit plus grande que sur toute autre orbite privilégiée.

Ces dernières forment, d'autre part, un ensemble continu susceptible d'engendrer, par voie de battements entre les électrons qui y peuvent évoluer, un spectre continu qu'il paraît permis d'identifier avec le spectre continu qui accompagne fréquemment le spectre de lignes des éléments.

Les résultats contenus dans cette Note, joints à ceux déjà communi-

---

(1) Dans le cas des cloches excitées par les coups du battant, la vibration fondamentale fait défaut.

(2) *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 68.

qués (1), permettent de sauvegarder le point de vue ondulatoire en le faisant pénétrer, sous une forme physique simple et concrète, dans un domaine dont les théories d'émission s'étaient emparées avec un succès plus apparent que réel.

OPTIQUE. — *Étude des radiations secondaires observées dans la diffusion moléculaire de la lumière par les fluides (effet Raman).* Note (2) de M. **P. Daure**, présentée par M. A. Cotton.

Lors de la première publication que nous avons faite, M. J. Cabannes et moi (3), sur l'effet Raman, nous n'avions observé tout d'abord que les raies secondaires situées par rapport à la raie excitatrice du côté des grandes longueurs d'onde. Nous les appellerons raies négatives; leurs fréquences sont, en effet, $N - n_1$, $N - n_2$, ... (N fréquence de la raie excitatrice; n_1 fréquence caractéristique du corps étudié). Il existe également, mais avec une intensité nettement plus faible, des raies situées symétriquement du côté des petites longueurs d'onde de fréquences $N + n_1$, $N + n_2$, ..., que nous appellerons raies positives.

M. Raman (4) a, le premier, montré l'existence des raies positives, depuis M. Venkates-Waran (5), M. Wood (6), M. Pringsheim (7) ont signalé l'intensité relativement élevée des raies positives de faible fréquence caractéristique du tétrachlorure de carbone, par exemple.

L'étude de quelques composés halogénés du phosphore et de l'arsenic m'ayant aussi permis les mêmes observations, j'ai entrepris l'étude photométrique du rapport entre les intensités de deux raies de fréquences caractéristiques opposées. J'ai également cherché à étudier la variation d'intensité des raies secondaires de même fréquence caractéristique avec la longueur d'onde de la raie excitatrice.

Méthode expérimentale. — J'ai comparé au microphotomètre Fabry et Buisson les densités photométriques des raies à étudier aux densités cor-

(1) *Comptes rendus, loc. cit.* et 186, 1928, p. 1291 et 1607.

(2) Séance du 29 octobre 1928.

(3) Cabannes et Daure, *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 1533.

(4) Raman and Krishnan, *The Indian Journal of Physics*, 2, 1927, p. 399-419.

(5) Venkates Waran, *The Indian Journal of Physics*, 3, Part 1, 1928, p. 105-122.

(6) Wood, *Philosophical Magazine*, 6, XXXVII, 1928, p. 729-744.

(7) Pringsheim und Rosen, *Zeitschrift für Physik*, 50, 1928, p. 741-755.

respondantes de spectres dont la répartition d'énergie était connue. Ces spectres m'étaient fournis par un diffuseur blanc, éclairé, à des distances variables, par le charbon positif d'un arc (je l'ai assimilé au corps noir à 3000° C.).

Comparaison des intensités de raies de fréquences opposées. — La raie excitatrice a été, dans cette série de mesures, la raie 4358 Å du mercure. Le résultat des mesures est indiqué dans le tableau ci-dessous.

Les fréquences caractéristiques des raies étudiées sont données en nombre d'onde au millimètre. La lettre r désigne le rapport entre l'intensité de la raie positive et l'intensité de la raie négative.

n..................	15 du $AsCl^3$.	19 du PCl^3.	39.5 ($AsCl^3$).	50 (PCl^3).
r..................	$\frac{41}{100}$	$\frac{30}{100}$	$\frac{15}{100}$	$\frac{10}{100}$

M. Venkates Waran a proposé une formule exponentielle pour exprimer la variation de r avec n. Les deux derniers nombres du tableau ci-dessus satisfont en effet à la relation

$$(1) \qquad r = e^{-\frac{n}{21,7}}.$$

Les deux premiers sont trop faibles. Il y a lieu de remarquer que les raies 15, du trichlorure d'arsenic, 19 du trichlorure de phosphore sont accompagnées chacune d'une raie moins intense, de fréquences respectives 19,5 et 25,5.

En calculant d'après la formule (1) le terme r relatif à ces raies, on trouve :

$$e^{-\frac{19,5}{21,7}} = \frac{41}{100}, \qquad e^{-\frac{25,5}{21,7}} = \frac{30}{100}.$$

J'ai cherché à vérifier ce résultat en mesurant directement le rapport r, relatif aux raies 19,5 et 25,5, mais n'ai pas encore obtenu de détermination suffisamment précise.

Comparaison de deux raies secondaires de même fréquence caractéristique excitées par deux radiations différentes. — J'ai comparé, par la même technique, les intensités des raies secondaires de fréquence caractéristique 39,5 du trichlorure d'arsenic, excité par les raies 5460, 4358 Å du mercure.

Désignons par I_1 et I_2 les intensités respectives de ces radiations, par D_1 et D_2 les intensités de ces radiations normalement diffusées par le fluide, enfin, par S_1 et S_2 les intensités des raies de Raman correspondantes.

Le résultat peut s'exprimer par les rapports suivants :

$$\frac{D_2}{D_1} : \frac{I_2}{I_1} = \frac{D_2}{I_2} : \frac{D_1}{I_1} = 2{,}5,$$

$$\frac{S_2}{S_1} : \frac{I_2}{I_1} = \frac{S_2}{I_2} : \frac{S_1}{I_1} = 1{,}5.$$

Le premier résultat exprime l'accroissement connu de l'intensité normalement diffusée avec la fréquence ($D = K_1 \times N^4$).

Le deuxième montre que l'intensité de la raie secondaire croît également avec la fréquence de la radiation excitatrice, mais cependant ne suit pas la loi en N^4 de la diffusion moléculaire.

PHYSIQUE. — *L'effet Raman dans le domaine des rayons X.* Note de MM. **M. Ponte** et **Y. Rocard**, présentée par M. Ch. Fabry.

Bergen Davis et D. P. Mitchell ont observé récemment [1] un phénomène capital qui a déjà fait l'objet d'une Note de M. de Broglie [2] : après diffusion par un corps, la structure d'une raie X est plus complexe que celle de la raie incidente. Dans le cas de la raie K_α du molybdène diffusée par le graphite par exemple, on trouve, en plus de cette raie K_α et du côté des fréquences décroissantes, une raie satellite dont la différence de fréquence par rapport à K_α est précisément égale à la limite K du carbone. Il nous paraît important de remarquer que ce phénomène n'est autre qu'un « effet Raman » analogue à celui qui a été récemment découvert en optique. Au point de vue quantitatif, les résultats obtenus par Davis et Mitchell indiquent nettement que ce phénomène, dans le domaine des rayons X, relève d'une théorie purement quantique. Dans le domaine des ondes longues de la T. S. F. au contraire l'effet Raman, qui n'est autre que la décomposition de l'onde porteuse par modulation dans un appareil émetteur de téléphonie sans fil, se présente au contraire comme phénomène inverse d'un battement pur, rigoureusement conforme à la théorie ondulatoire classique. Dans le domaine optique, on sait déjà que cette théorie classique ne cadre pas avec les données recueillies sur l'intensité des raies de Raman, et on l'a ressenti le besoin de faire appel aux quanta de lumière (J. Cabannes). La découverte de Davis et Mitchell

(1) *Physical Review*, 32, 1928, p. 331.
(2) *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 697.

vient à propos confirmer que, dans l'effet Raman, plus la fréquence augmente, plus le phénomène semble délaisser la théorie classique pour finir par se plier tout à fait, dans le domaine des rayons X, à une théorie de quanta de lumière.

MINÉRALOGIE. — *Sur la structure des cristaux de heulandite.* Note de M. **Paul Gaubert**.

L'existence des secteurs constatée par E. Mallard, F. Rinne, etc., dans les lames de clivage des cristaux de heulandite, conduit à admettre que ces derniers sont constitués par des pyramides douées de propriétés particulières, pyramides ayant pour base les faces du cristal, leur sommet étant au centre du cristal. Le but de cette Note est de préciser la constitution de ces pyramides par l'étude des cristaux des divers gisements représentés dans la collection de Minéralogie du Muséum.

La division en secteurs, signalée dans les cristaux de quelques localités, est nettement visible dans les cristaux de tous les gisements, si l'épaisseur de la lame de clivage est convenablement choisie. Dans chacun d'eux, le plan des axes optiques fait, en général, un angle particulier avec la face $p(001)$ (Rinne) et les axes y ont un écartement différent, mis en évidence par la teinte de polarisation observée en lumière parallèle. J'ai constaté que dans presque tous les cristaux, quelle que soit leur origine, l'angle des axes optiques est plus petit dans le secteur correspondant à la face $a^1(\bar{1}01)$ que dans celui de $p(001)$ et c'est dans le secteur $o^1(101)$ que les axes sont le plus écartés. J'ai trouvé seulement deux exceptions à cette règle : dans les cristaux de l'île du roi Georges, où l'on observe un ordre inverse et dans les cristaux barytiques de Pula, dans lesquels l'angle des axes le plus petit se trouve dans le secteur $p(001)$.

Je n'ai pas trouvé de relation constante entre la position du plan des axes optiques dans chaque secteur et l'écartement de ces derniers. Le plan des axes peut avoir la même position dans tous les secteurs, alors même que les axes font entre eux un angle différent.

Mais les pyramides constituant le cristal ne sont pas homogènes. En effet, A. Lacroix, F. Rinne, E. Hussak, Wiik, etc. ont constaté que les cristaux de quelques gisements donnent des lames de clivage montrant des bandes d'inégale biréfringence, ne s'éteignant pas simultanément et rappelant les macles polysynthétiques des plagioclases. Je suis arrivé à les faire appa-

raître sur les cristaux de tous les gisements, quand elles ne sont pas visibles au premier abord, en chauffant convenablement la préparation, de manière à modifier inégalement leur biréfringence. Par ce procédé, des bandes, homogènes en apparence, peuvent être elles-mêmes subdivisées en d'autres bandes beaucoup plus fines, ne dépassant pas $\frac{2}{100}$ de millimètre de largeur.

En général ces bandes ne se continuent pas avec les mêmes caractères sur tout le pourtour du cristal; elles ont des formes particulières à chaque secteur, dues surtout à la vitesse d'accroissement perpendiculairement à la face à laquelle elles sont parallèles, ce qui permet de voir auquel d'entre eux appartient un fragment d'une lame de clivage, dépourvu de contours géométriques.

Ces bandes sont tout à fait comparables par leur forme et leurs propriétés à celles produites sur des cristaux artificiels par des matières étrangères ajoutées à l'eau mère, qui, en passant régulièrement dans le cristal, provoquent la biréfringence accidentelle, ou bien, à celles obtenues avec des matières colorantes. Ces matières étrangères, comme je l'ai montré à diverses reprises avec des substances artificielles, modifient le faciès des cristaux qui sont alors limités par des faces à symboles simples. Par analogie, on peut ainsi expliquer la pauvreté en formes de tous les cristaux de heulandite.

C'est, par analogie avec ce que j'ai observé avec les cristaux artificiels, à la variation brusque des quantités de matière étrangère existant dans les eaux hydrothermales, qu'il faut probablement attribuer la netteté des bandes qui mettent en évidence la forme du cristal de heulandite à chaque période de son accroissement.

Pour déterminer la nature de ces matières, il faudrait analyser la substance de chaque sorte de secteurs, comme je l'ai fait autrefois pour les cristaux de nitrate de baryte, contenant un peu de nitrate de plomb. Dans ce cas, les pyramides correspondant aux faces a^1 (111) ne contiennent pas la même quantité de ce dernier corps que celles qui ont pour base la face p (001). J'ai constaté que dans la heulandite les différents secteurs n'ont pas exactement les mêmes indices de réfraction, cela est facile à voir avec les cristaux de Pula. Des différences entre les indices de deux bandes voisines ne peuvent être que rarement observées en examinant le déplacement de la frange de Becke. Cependant leur composition est assez différente, pour que l'attaque par l'acide fluorhydrique ne soit pas la même. Les unes donnent des figures de corrosion plus grandes que les autres (cristaux de Vièges, de Botucatu, etc.).

Je considère que la heulandite pure, c'est-à-dire uniquement calcique, doit, d'après les analyses publiées, contenir des silicoaluminates hydratés de sodium, de potassium, de strontium et de baryum, se trouvant à l'état de solution solide (1), ou formant des cristaux mixtes avec la heulandite pure.

L'étude des divers secteurs m'a permis de constater que la bissectrice aiguë n'est pas toujours perpendiculaire au plan de symétrie dans les plages dont l'accroissement s'est fait suivant les faces $e^1(011)$, $m(110)$, $b^1(\bar{1}12)$, fait dû aux anomalies optiques provoquées par les matières étrangères.

La structure qui vient d'être décrite a été établie avec de très petits cristaux et des lamelles de clivage détachées de la périphérie de gros cristaux. Mais ces derniers ne sont pas simples. On sait qu'ils sont constitués par le groupement d'individus n'ayant qu'à peu près la même orientation. L'étude de leur accroissement m'a montré que la matière s'est presque exclusivement déposée sur les faces a^1, p, o^1 parfois sur m, e^1, b^1, mais très peu sur g^1. Une lame de clivage prise à l'intérieur d'un cristal ne montre pas toujours les caractères du secteur auquel elle semble appartenir, mais ceux de plusieurs individus formant une sorte de mosaïque.

Il résulte de ce qui précède que les secteurs et les bandes des cristaux de heulandite sont dus à la présence de matières étrangères qui peuvent provoquer diverses orientations du plan des axes optiques et modifier l'écartement de ces derniers. Si l'on tient compte du mode d'accroissement des cristaux, on voit qu'une même plage peut montrer des propriétés optiques très diverses, comme l'a constaté autrefois Des Cloizeaux.

MÉTÉOROLOGIE. — *L'été 1928 et les variations solaires.* Note de M. **Henri Mémery.**

Il semble que l'on peut trouver dans les variations des phénomènes solaires l'explication des hautes températures de l'été de 1928 ; à cet effet, il suffit de remarquer :

1° que l'année 1928 est celle du maximum de la période solaire commencée en 1923 ;

2° qu'une recrudescence importante des taches solaires et des facules s'est manifestée depuis le mois de juin jusqu'au mois d'octobre 1928.

---

(1) P. Gaubert, *Comptes rendus*, 167, 1918, p. 491.

Ces deux particularités sont identiques à celles qui ont caractérisé l'été très chaud de 1893.

On peut ajouter qu'aucun phénomène terrestre ne paraît pouvoir expliquer d'une manière satisfaisante les différences considérables observées, d'une année à l'autre, dans la température des saisons, par exemple : été frais et pluvieux en 1927, été très chaud et très sec en 1928. D'autre part, les variations solaires paraissent seules susceptibles de fournir une explication logique de ces différences.

En effet, les variations mensuelles des taches solaires en 1927 et en 1928, au printemps et en été, sont les suivantes :

	1927		1928	
	Nombre.	Fréquence.	Nombre.	Fréquence.
Mars..........	27	174	33	204
Avril..........	25	180	26	184
Mai..........	28	178	25	160
Juin..........	20	124	26	190
Juillet..........	23	131	28	195
Août..........	17	110	37	231

En 1927 : *Diminution générale* des taches solaires de juin à septembre, par rapport aux mois précédents : été frais et pluvieux; mêmes variations au cours des étés de 1882, 1860, 1827.

En 1928 : *Augmentation générale* des taches solaires de juin à septembre : été sec et chaud; recrudescence analogue au cours des étés 1921, 1906, 1904, 1893, 1892, 1887, 1884, 1881, etc.

Il y a lieu de remarquer, en outre, qu'aucun maximum solaire ne ressemble au précédent ou au suivant, soit comme durée, soit comme intensité (nombre ou étendue des taches ou des facules); il en est de même pour chaque minimum solaire.

Ce fait explique facilement pourquoi on n'observe pas de périodicité très marquée dans la succession des saisons extrêmes, étés très chauds ou hivers très froids. Les variations importantes qui se produisent sur la surface du Soleil à toutes les époques de la période undécennale déterminent des variations correspondantes dans la température; les diminutions de taches à l'époque d'un maximum solaire entraînent généralement une diminution de la température moyenne annuelle et, inversement, les recrudescences importantes de taches aux époques intermédiaires sont généralement suivies de températures élevées.

En résumé, sauf de rares exceptions (par exemple, étés de 1900 et de 1911

correspondant à un petit nombre de taches solaires), on peut trouver dans les variations des phénomènes du Soleil la cause de presque toutes les variations anormales de la température sur nos contrées.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *L'orientation des dunes et la direction des vents.* Note de M. **Léon Aufrère**, présentée par M. Bourgeois.

Les levés et les cartes exécutés dans le Sahara par le Service géographique de l'Armée nous ont conduit à esquisser une synthèse de l'orientation des dunes continentales de la Terre par rapport à la trajectoire des vents dominants ([1]). Nous voudrions aujourd'hui essayer de réduire l'opposition apparente, qui se présente entre les dunes longitudinales et les dunes transversales ([2]).

Les dunes continentales comprennent : 1° les *chaînes de sable* qui sont des dunes longitudinales, *parallèles* aux vents dominants et qui ne présentent pas de dissymétrie systématique; 2° les *vagues de sable*, qui sont des dunes transversales, des siouf ou des barchanes *perpendiculaires* aux vents dominants et dissymétriques par rapport aux vents comme les vagues de la mer.

I. En soufflant sur du sable tassé, sur des poussières consolidées ou sur des grès tendres, le vent a une tendance à creuser des sillons parallèles à sa composante principale. Les particules les plus légères qui sont libérées par la corrosion sont entraînées dans l'atmosphère et forment des nuages de poussière. Si le matériel que le sol présente au vent est emporté au fur et à mesure de sa libération, les sillons et les crêtes restent libres de sable et forment *yardangs*. Lorsque le matériel est trop lourd pour flotter dans l'atmosphère et qu'il est assez léger pour être déplacé par saltation, les versants et les crêtes se couvrent de sable grâce à une composante verticale que le relief impose au vent.

Cette explication permet de ramener à l'unité les yardangs et les intervalles interdunaires, feijs ou gassis et de les considérer comme des vallées creusées par le vent.

Dans les déserts tropicaux, les chaînes de sable et les *vallées éoliennes*

([1]) L. Aufrère, *Les dunes dans les déserts* (*Handbook for the International Geographical Congress*, Cambridge, 1928, p. 51).

([2]) Nous avons utilisé non seulement les cartes mais aussi les minutes et les renseignements oraux, aimablement communiqués par le Service géographique de l'Armée.

sont disposées symétriquement de part et d'autre de l'Équateur; elles dessinent des courbes convexes vers l'Est, conformément à la déviation imposée aux alizés par la rotation de la Terre. Elles enregistrent non seulement la direction des vents dominants, mais aussi leur *trajectoire* et nous offrent peut-être le moyen d'investigation le plus puissant dont dispose la Météorologie dans des régions qui sont généralement dépourvues d'observations régulières. Les composantes secondaires s'inscrivent à côté de la composante principales par des formes de creusement (*rhoraffas*) qui sont concaves vers le zénith et du côté au vent comme les *caoudeyres,* et qui s'étoilent en formant une sorte de rose anémométrique où les composantes se retrouvent en direction et même en grandeur.

II. Généralement, le sable n'est pas porté en totalité sur les crêtes, il forme des vagues qui se promènent dans les gassis et dans les feijs et qui ont une tendance très nette à s'orienter *perpendiculairement* aux vents dominants; elles sont dissymétriques, la pente la plus forte étant sous le vent de la dune. Moins élevées et plus régulières que les chaînes, elles portent au Sahara le nom de *sif* (pluriel *siouf*) qui signifie lame de sabre. On les retrouve dans le désert de Takla Makhan où les chaînes ont à peu près la direction des northerlies, comme les yardangs et où les siouf sont convexes vers le Nord et en pente raide vers le Sud; ils forment, dans les gassis, des compartiments qui portent le nom de *bajirs*.

De l'erg Libyque à l'erg Chach, les *dunes d'alizé* sont faites de chaînes entre lesquelles circulent les siouf en vague. Mais entre l'erg Libyque et le Nil, s'allongent des traînées linéaires parmi lesquelles il n'y aurait ni chaînes ni vallées éoliennes; elles sont formées de siouf ou de barchanes qui partent des sables miocènes dominés par la cuesta désertique de Qattara, et qui, poussés par les vents du Nord, s'avancent en colonne ou *en « monome »* sur les grès ou sur les calcaires, jusqu'au cœur du continent. Une carte de Rolland permettrait d'attribuer une structure analogue à quelques-uns des slassels orientaux de l'erg Occidental. D'ailleurs, les sables secs et mobiles, en particulier les sables exotiques quand ils ne sont pas fixés par le climat, ont une tendance à s'organiser en vagues transversales. Quand cette forme est prépondérante sur de grandes étendues, on peut réserver au paysage dunaire l'expression de *mer de sable*.

Dans les régions humides ou semi-arides, l'eau donne au sable une certaine cohésion, les formes en vague deviennent rares, sur les dunes littorales comme sur les dunes intérieures; les dunes paraboliques et les dunes en U aboutissent aux chaînes longitudinales, pourvu que le climat ne

les fixe pas avant que leur évolution ne soit terminée. En Europe, au Nord et à l'Ouest, *les dunes des westerlies* ont une tendance à s'arrêter à la disposition parabolique tandis qu'à l'Est, et notamment en Valachie, elles vont jusqu'à la forme longitudinale, dans les *dunes d'austru* comme dans les *dunes de crivetz* (vent d'Est).

Mais on peut, semble-t-il, ramener à l'unité les dunes paraboliques et les barchanes. Sous le vent de la dune, la pente ne s'écarte guère de l'angle de repos du sable libre. Mais au vent de la dune, la pente varie avec la consistance acquise par le sable; elle peut être très faible s'il est sec, et très forte quand il est tassé par les pluies. Dans le premier cas, les ailes de la dune et les pentes les plus fortes viennent se placer à l'avant de la dune ou sous le vent, et dans le deuxième cas, elles restent à l'arrière, c'est-à-dire au vent, de sorte qu'entre les chaînes de sable et les vagues de sable, les dunes paraboliques insèrent une forme de transition.

Quand la composante principale n'a pas une prépondérance très accentuée, la morphologie dunaire devient confuse. Un assèchement de la contrée peut d'ailleurs reprendre, suivant des directions nouvelles, le modelé d'un erg qu'une oscillation climatique antérieure de sens contraire peut avoir immobilisé. Les différentes orientations inscrites par le vent sur le sable des régions tchadiennes ne paraissent pas contemporaines.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Sur un orage observé au Pic du Midi et sur la formation de la grêle.* Note de M. C. **Dauzère**, présentée par M. G. Ferrié.

J'ai observé le 16 juillet 1928, à l'Observatoire du Pic du Midi, un orage remarquable par son intensité et par la netteté des indications qu'il a fournies. Cet orage fut purement local; il se produisit pendant une période anticyclonique, à pression élevée, dont la constance ne fut troublée que pendant quelques heures à peine par le crochet d'orage. Il ne donna lieu à aucun vent horizontal violent, mais il fut produit par un courant ascendant de convection très rapide. Il fut accompagné de décharges électriques intenses et d'une chute de grêle très abondante.

La matinée fut assez belle, avec quelques cirrus. Le cumulo-nimbus commença à se former vers midi, du côté de l'Est; il fut poussé lentement vers le Pic, par un vent faible soufflant de cette direction, A 14^h, le brouillard avait complètement envahi les terrasses de l'Observatoire; les paratonnerres sifflaient fortement. Les électro-

mètres dont je disposais avaient une échelle trop peu étendue pour me permettre de mesurer le gradient très élevé du potentiel atmosphérique. Je pus reconnaître cependant, par des essais rapides, que ce gradient était négatif et que la conductibilité de l'air, due aux ions négatifs, surpassait de beaucoup celle des ions positifs. Le courant ascendant, producteur du cumulo-nimbus, entraînait donc vers le haut des ions et gouttelettes de brouillard électrisées, dont la majeure partie portait des charges négatives.

La grêle fut précédée par une pluie fine, qui dura quelques minutes à peine. Les premiers grêlons, d'environ 1^{cm} de diamètre, frappèrent le sol vers 15^h15^m. La grêle très serrée, mêlée de pluie, tomba sans discontinuer pendant une demi-heure, donnant au pluviomètre une hauteur d'eau de $24^{mm},8$. Pendant toute sa durée, les décharges électriques furent très violentes et presque continuelles. Une accalmie se produisit vers 15^h45^m et permit d'examiner le paysage. La couche de grêle, qui couvrait les terrasses de l'Observatoire, avait une épaisseur de 7 à 8^{cm}; elle blanchissait les flancs du Pic et les sommets voisins, dans la direction de l'Ouest, où l'orage grondait encore. Les montagnes d'altitude plus basse, situées à l'est du Pic, sur lesquelles l'orage était passé avant de nous atteindre, ne montrait par contre aucune trace de grêle. La crête de Conques, qui se détache du Pic vers le Nord, séparait les deux régions avec une netteté remarquable.

On avait ainsi une vision exacte des lieux que la grêle avait frappés et de ceux qu'elle avait épargnés. Cette vision montrait, d'une manière frappante, *l'influence du relief du sol.* Le cumulo-nimbus, venant de l'Est, était venu se heurter contre le Pic et la crête de Conques; il avait été dévié brusquement vers le haut par cet obstacle, et porté rapidement à l'altitude des cirrus (5000^m environ). Le contact des aiguilles de glace de ces derniers avec les gouttelettes en surfusion du cumulo-nimbus avait déterminé la congélation brusque de ces gouttelettes; les noyaux des grêlons s'étaient ainsi formés, d'après le mécanisme bien connu ([1]); et les grêlons étaient tombés sur le sol à partir de la ligne même d'ascension, à cause de la faiblesse du vent horizontal.

Les décharges électriques intenses, observées pendant l'orage qui vient d'être décrit, accompagnent *toujours* la grêle, au Pic du Midi et dans la région du Sud-Ouest. C'est pourquoi nous croyons que l'électricité atmosphérique joue un rôle important dans la formation de ce météore. Les contacts entre les gouttelettes surfondues du cumulo-nimbus ascendant et les aiguilles de glace du cirrus sont favorisés évidemment, sinon toujours provoqués, par les attractions des charges électriques de signe opposé portées par chaque espèce de particules.

([1]) Angot, *Traité de Météorologie*, 4e édition, p. 300.

Nous avons vu en effet ci-dessus et nous avons vérifié souvent, dans les orages nombreux de cet été, au Pic du Midi, que les gouttelettes du cumulo-nimbus étaient en majorité chargées négativement au début de l'orage; la charge de chacune d'elles est égale à celle de l'ion qui lui a servi de noyau : ($e = 4,77 \times 10^{-10}$ U. E. S.). D'autre part, les aiguilles de glace des cirrus, sous l'action des rayons ultraviolets, ont perdu des électrons et sont chargés positivement d'après M. Brillouin ([1]).

Chaque petit cristal de glace du cirrus attire et solidifie les gouttelettes négatives qui l'entourent; il devient ainsi le noyau d'un grêlon. Si le petit cristal de glace, sous l'action des rayons ultraviolets, a perdu n électrons, sa charge positive est égale à $n.e$. Il peut attirer et solidifier un nombre n' de gouttelettes négatives, tout au plus égal à n. Si n' est plus petit que n, le grêlon est positif, et sa charge est : $(n-n').e$, Si $n = n'$, le grêlon est à l'état neutre; mais les rayons du Soleil, qui éclairent la partie supérieure du cumulo-nimbus, où s'est formé le grêlon, peuvent agir de nouveau sur celui-ci, lui redonner une charge positive, le rendre capable d'attirer de nouvelles gouttelettes surfondues et ainsi de suite.

Quoi qu'il en soit, le contact des aiguilles de glace du cirrus étant nécessaire pour produire la solidification des gouttelettes surfondues, le nombre des grêlons doit être égal à celui de ces aiguilles; la grêle cesse lorsque les aiguilles de glace sont épuisées; elle tombe uniquement sur la bande du sol qui forme la projection horizontale du cirrus (sauf déviation par le vent). Les grêlons étant les uns positifs, les autres neutres, l'ensemble ne peut être que positif; ce dernier résultat est conforme aux mesures des charges électriques de la grêle effectuées par MM. Mac Clelland et Nolan ([2]).

En résumé, l'orage du 16 juillet 1928 a montré *l'influence du relief et celle de l'électricité atmosphérique sur la formation de la grêle;* il nous a conduit à exposer une théorie de cette formation, en accord avec les faits, et susceptible de nous guider dans l'étude du phénomène.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la localisation et la disparition des alcaloïdes dans l'épiderme de la feuille de tabac.* Note de M. **J. Chaze**, présentée par M. Molliard.

La théorie qui considère les alcaloïdes comme des substances de déchet paraît être la plus communément admise. Le résultat des recherches dont

([1]) *Revue générale des Sciences*, 8, 1897, p. 642.

([2]) *Le Radium*, 1912, p. 277 et 421.

nous apportons ici un résumé permet d'ajouter de nouveaux arguments d'ordre morphologique et microchimique à cette conception.

Nous avons étudié systématiquement, pendant le mois de juillet 1928, par temps sec et chaud, les épidermes supérieur et inférieur des feuilles de tabac (examens dans des fragments d'épiderme détachés avec des pinces pour éviter les lésions provoquées par les coupes). Nous nous sommes servi, pour déceler la nicotine, de l'iodure de potassium iodé, avec contrôle à l'alcool tartrique (alcool absolu, 100; acide tartrique, 5^{g}).

D'une manière générale, les cellules des épidermes présentent des quantités très variables de nicotine. — *Premier type :* Les précipités sont de couleur brun acajou, granuleux et peu denses, analogues à ceux que nous avons décrits dans les méristèmes de la plantule [1]. — *Deuxième type :* La teneur en nicotine est plus grande; les précipités granuleux semblent fusionner pour donner de petites masses brunâtres, disséminées dans la cellule. — *Troisième type :* On voit à l'intérieur de la cavité cellulaire des masses de même formation que précédemment, mais de coloration brun noirâtre; la nicotine paraît être plus condensée. — *Quatrième type :* Une quatrième sorte d'images est particulièrement significative et a retenu notre attention : les masses brun noirâtre, d'aspect absolument homogène, ont traversé le cytoplasme et les membranes et se présentent sous forme de fines gouttelettes; en même temps, la teneur en nicotine a diminué dans la cellule. Ces phénomènes d'exsudation sont particulièrement suggestifs dans l'épiderme supérieur.

Les poils présentent des aspects tout à fait comparables; certains n'accusent aucune réaction colloïdale; dans d'autres, la teneur en nicotine a augmenté, les précipités se fusionnent pour donner des masses brun noirâtre, limitées par les précipités brun acajou caractéristiques des alcaloïdes: l'exsudation a lieu ensuite sous forme de fines gouttelettes, particulièrement nombreuses au bas de la première cellule; à ce moment la teneur en nicotine a très notablement diminué dans la cellule épidermique qui sert de base au poil.

Nous avons pu constater des variations dans la production de ces phénomènes; d'une manière générale, il semble bien que le maximum ait lieu vers le milieu du jour; il existe aussi des variations suivant l'âge des tissus, le phénomène étant presque nul dans les feuilles du bourgeon et allant en croissant jusque dans la feuille adulte.

---

[1] J. Chaze, *Sur l'apparition et la localisation de la nicotine dans la plantule de tabac* (*Comptes rendus*, 185, 1927, p. 80).

Cette exsudation est accompagnée d'une excrétion d'essence par les poils glandulaires, excrétion qui présente aussi une coloration brune, voisine de celle des alcaloïdes, mais qui réduit l'acide osmique.

La coloration par l'iodure de potassium iodé n'étant pas spécifique, nous avons procédé à une série de discriminations pour connaître la nature chimique de cet exsudat et nous en avons déduit que si ces gouttelettes ne sont pas à coup sûr de la nicotine, elles procèdent de celle-ci. En effet : 1° comme nous l'avons montré, la quantité d'alcaloïde de la cellule est d'autant moindre que l'exsudat est moins abondant ; 2° le liquide exsudé est dissous dans l'alcool tartrique comme l'est la nicotine ; 3° si l'on prélève quelques gouttes de rosée sur les feuilles, on obtient la réaction des alcaloïdes soit avec l'iodure de potassium iodé, soit avec l'acide picrique en solution aqueuse ; 4° sauf dans les poils glandulaires, l'acide osmique n'est pas réduit ; 5° le rouge soudan n'accuse aucune réaction ; 6° s'il s'agissait de sécrétion de cire par les membranes, ce phénomène serait généralisé et les cires seraient en même quantité pendant toute la journée, ce qui n'est pas le cas des exsudats examinés.

Ces faits sont à rapprocher des résultats analytiques obtenus par différents chimistes sur des alcaloïdes divers. En particulier, Clautriau (1) a constaté que la quantité d'azote alcaloïdique va diminuant dans les capsules de Pavot sans augmentation corrélative de l'azote albuminoïde, et des examens micrographiques de Molle (2), que nous avons pu confirmer, montrent que les téguments de l'ovule de la plante de tabac possèdent de la nicotine tandis que la graine en est dépourvue.

Toutefois, quelle que soit l'exactitude de tels examens microscopiques et chimiques, il est certain que seule une expérience physiologique apporterait une preuve absolue : c'est à cette réalisation pratique que nous procéderons incessamment.

---

(1) Clautriau, *L'azote dans les capsules de Pavot* (*Bull. de la Soc. belge de Microscopie*, 18, 1892, p. 80).

(2) Molle, *Recherches de Microchimie comparée sur la localisation des alcaloïdes dans les Solanacées* (*Bull. de la Soc. belge de Microscopie*, 11, 1895, p. 281).

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Le nombre des chromosomes chez les Iris des Jardins* (Iris germanica *Hort.*). Note de M. **Marc Simonet**, présentée par M. M. Molliard.

Ainsi que nous l'avons déjà fait connaître, le nombre des chromosomes chez les Iris des Jardins (*Iris germanica* Hort.) est de $n = 12$ chez *Iris pallida* Lam., *Iris variegata* L. et de $n = 24$ chez *Iris cypriana* Forster et Baker.

Notons encore que nous avons trouvé $n = 12$ chez *Iris florentina* L., *Iris neglecta* Horn., *Iris sambucina* L., *Iris lurida* Soland., *Iris plicata* Lam. et $n = 24$ chez *Iris trojana* A. Kern., *Iris macrantha* Hort. (Amas).

Il est intéressant de signaler, comme nous le montre l'étude de l'histoire des *Iris germanica* Hort., que les espèces tétraploïdes sont toutes asiatiques et d'introduction récente (début du xxe siècle); elles sont à grandes fleurs et ont apporté ce nouveau caractère dans les Iris des Jardins, soit en s'hybridant entre elles, soit par croisement avec les anciennes variétés.

S'il en est bien ainsi, l'étude cytologique des formes horticoles actuelles doit nous permettre de découvrir des hybrides tétraploïdes, triploïdes, diploïdes, puisque ces plantes se multiplient asexuellement; et leurs semis de seconde, troisième génération, etc. doivent posséder des nombres de chromosomes plus ou moins différents.

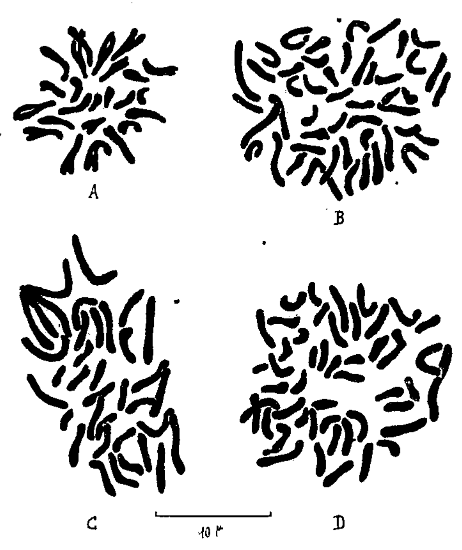
C'est bien à ce résultat qu'aboutissent nos premières recherches.

Signalons tout d'abord que nous avons trouvé $2n = 24$ chez quelques anciennes variétés obtenues avant l'introduction des formes tétraploïdes : Lord Mayor, Mme Chereau, Calypso, etc. Notons que le pollen de ces plantes est plus ou moins bon et que ces Iris sont partiellement stériles. L'étude des caryocinèses de réduction nous montrera très probablement des anomalies dans la façon de se comporter des chromosomes.

Dans les espèces à grandes fleurs nous avons trouvé un hybride tétraploïde $2n = 48$-50 chez la variété « Ambassadeur » (Vilmorin, 1918), un hybride triploïde $2n = 36$ chez la variété « Ballerine » (Vilmorin, 1910). « Ambassadeur » est très vraisemblablement un hybride entre deux espèces tétraploïdes (probablement *Iris macrantha* Hort. $\times$ *Iris cypriana* Forster et Baker). « Ballerine » qui est classé dans les *Iris pallida* est certainement un hybride entre une forme de cette dernière espèce (diploïde) et un *Iris macrantha* (tétraploïde).

Sans aucun doute, il reste encore de nombreuses variétés tétraploïdes

et triploïdes à découvrir avec des formes intermédiaires de seconde et de n générations. C'est le cas pour la variété « Alliés » (Vilmorin, 1920) qui est un hypotriploïde avec approximativement une trentaine de chromosomes diploïdes.



Métaphases somatiques (racines) chez les Iris. Objectif Zeiss apo 120, oculaire Huyg 15 ×. A, *Iris variegata* L. $2n = 24$; B, *Iris cypriana* Forster et Baker $2n = 48$; C, *Iris* var. « Ballerine » Hort. $2n = 36$; D, *Iris* var. « Ambassadeur » Hort. $2n = 48$.

Donc, si l'étude des chromosomes peut nous permettre, comme c'est ici le cas, de déceler la nature et l'origine des plantes cultivées, elle peut en outre, et objectivement, nous donner de bonnes indications pour les croisements à exécuter.

Présentement, elle peut même être un instrument de sélection. Ainsi, en étudiant les jeunes semis non encore fleuris (l'Iris demande environ trois ans pour fleurir) on pourrait très facilement éliminer, dans la recherche des formes à grandes fleurs, les espèces qui ne sont pas au moins triploïdes. Pour cela il suffirait de prélever sur chaque plante une racine, et de l'étudier cytologiquement. Pour les semis à faire, il est évident que les graines devront être prises sur les variétés à grandes fleurs tétraploïdes afin de maintenir ce caractère dans la descendance.

ZOOLOGIE. — *Recherches sur le développement post-larvaire du Rouget* (Leptus autumnalis *Shaw*). Note (¹) de M. **Marc André**, présentée par M. Ch. Gravier.

L. Bruyant (²) avait admis que la larve d'Acarien, connue sous le nom de Rouget, *Leptus autumnalis* Shaw (*Thrombidium inopinatum* Oud.), avait pour forme adulte le *Microthrombidium pusillum* Herm., car, en élevant des Rougets, il était arrivé à avoir une nymphe unique qu'il avait cru pouvoir rapporter à cette espèce.

Cependant A.-C. Oudemans (³), après un examen approfondi de cet unique spécimen, d'ailleurs en mauvais état de conservation, a constaté qu'il s'agissait d'une espèce distincte, qu'il appelait *Microthrombidium autumnale* Shaw.

Mais, en 1916 à Munich, L. Kneissl (⁴), ayant réussi à élever des larves qu'il avait identifiées au *T. inopinatum* Oud., a obtenu dix nymphes qu'il a reconnues comme appartenant au genre *Thrombicula* Berlese. Il n'indique pas les hôtes sur lesquels il avait récolté ces larves, dont il n'a donné qu'une diagnose succincte.

Plus récemment, en Angleterre, l'élevage de larves recueillies en parasitisme sur de jeunes poulets, et s'identifiant aussi au *Leptus autumnalis*, a fourni à St. Hirst (⁵) une seule nymphe que cet auteur rapporte également au genre *Thrombicula*, tout en la regardant comme le type d'un nouveau sous-genre *Neothrombicula*.

En France, l'unique nymphe jusqu'ici connue était donc celle découverte par Bruyant, mais il n'a pas spécifié quel est, des différents hôtes (Mulot, Campagnol, Lièvre, Chat, Perdrix grise) sur lesquels il avait observé des Rougets, celui dont provenait la larve qu'il a vue évoluer jusqu'au stade nymphal.

Poursuivant depuis plusieurs années l'étude des *Thrombidiidæ* de la faune française, j'ai pu, dans ces derniers mois, parvenir à élever des Rougets qui m'ont donné quatorze nymphes.

(¹) Séance du 29 octobre 1928.
(²) L. Bruyant, *C. R. Soc. Biol.*, 57, 1909, p. 207.
(³) A.-C. Oudemans, *Arch. f. Nat.*, 79, 1913, p. 127.
(⁴) L. Kneissl, *Zool. Anz.*, 46, 1916, p. 253.
(⁵) St. Hirst, *Ann. Appl. Biol.*, 13, 1926, p. 140.

Le 12 septembre, près de Versailles, au voisinage immédiat du domaine de Chèvreloup (Muséum national de Paris), j'ai recueilli, dans un champ de Haricots, des *Leptus autumnalis* que j'ai réussi, dans la journée du 14, à faire fixer sur un jeune Lapin [1], en particulier dans la région des oreilles. Au bout de 70 heures, je vis de celles-ci sortir des Rougets gorgés : ayant triplé de volume (jusqu'à atteindre environ 1^{mm} de long), ils se promenaient alors assez lentement parmi les poils; je les recueillis et les plaçai dans un récipient dont l'atmosphère était maintenue à son point de saturation et qui contenait de la terre préalablement stérilisée : ils s'enfoncèrent immédiatement dans celle-ci. A partir du 19 octobre, c'est-à-dire 33 jours après cet enfouissement des larves, j'ai constaté la présence de quatorze nymphes qui se déplaçaient assez activement au milieu de la terre où elles avaient accompli leur métamorphose.

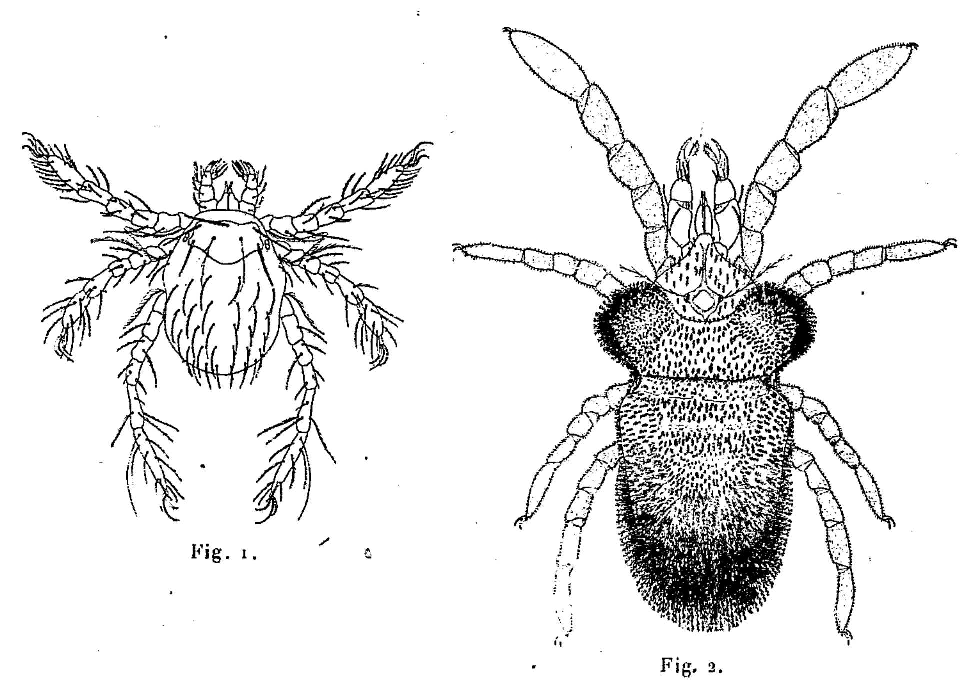


Fig. 1. Fig. 2.

Fig. 1. — Larve du *Thrombicula autumnalis* Shaw (× 110).
Fig. 2. — Nymphe du *Thrombicula autumnalis* Shaw (× 50).

Ces nymphes (longues de 900 à 1000^{μ}) se distinguent immédiatement de tous nos autres Thrombidions indigènes (qui sont d'un rouge plus ou moins vif) par leur couleur blanchâtre, légèrement rosée, ainsi que par la forme en 8 de leur abdomen : en outre, il y a absence d'yeux, ce qui permet

(1) D'autres larves que j'avais placées sur un jeune poulet y restèrent fixées, mais gardèrent l'aspect de minuscules points rouges, sans se développer davantage.

de présumer qu'il s'agit d'animaux lucifuges menant une existence hypogée. Dans l'ensemble, leurs caractères correspondent à ceux de la nymphe figurée par Hirst (¹) et permettent donc de les rattacher indiscutablement au genre *Thrombicula*.

PHYSIOLOGIE. — *Une nouvelle méthode d'enregistrement des mouvements oculaires. Le Cinégraphe oculaire.* Note (²) de M. **Serge Youriévitch**, présentée par M. d'Arsonval.

Parmi les organes des sens, l'œil est le plus mobile, son régime naturel est le mouvement. Cependant jusqu'à ce jour ses mouvements n'ont pas été enregistrés d'une manière courante. Le procédé consistait à diriger sur la cornée un rayon lumineux intense et à photographier les déplacements du rayon réfléchi. Il avait été employé par MM. Broca et Turchini (*Comptes rendus*, 178, 1924, p. 1574) et par R. Dodge, de Wesleyan University, pour les mouvements de fixation (*Monographie de la Psychological Review*, novembre 1907).

Cette méthode présente de graves inconvénients : obscurité relative du local; sensation douloureuse viciant les expériences; complexité d'enregistrement de spots mobiles. Dans ces conditions les mouvements oculaires ont été négligés tant au point de vue clinique, que pour l'étude des lois de l'esthétique.

Je me suis appliqué à adapter la méthode graphique de Marey à cette étude. Les essais successifs ont abouti à l'établissement d'une série d'appareils différents basés sur le même principe : les Cinégraphes oculaires.

Premiers essais. — Une cuvette métallique ovale sur laquelle est tendue une membrane en caoutchouc épousant le globe oculaire est reliée à un tambour de Marey. Ce dispositif permet de varier la pression sur le globe oculaire. Bien que des mouvements oculaires donnent des inscriptions, un trouble visuel durable résulte de la pression exercée et en interdit l'usage.

Cuvette à pois. — Une petite demi-sphère en sureau est collée au centre de la membrane recouvrant la cuvette et appuie légèrement à travers la paupière close sur le globe oculaire faisant office de levier. Les inscriptions

---

(¹) St. Hirst, *loc. cit.* (*fig.* 1). Cet auteur n'a représenté que la face ventrale de cette nymphe.

(²) Séance du 29 octobre 1928.

obtenues sont exactes et nettes, marquant exclusivement les mouvements du globe. Ce dispositif servira d'appareil de contrôle mais ne peut être d'usage courant, cette pression minime occasionnant une fatigue malgré l'absence de troubles visuels.

Le Cinégraphe oculaire. — Pour servir couramment l'appareil doit laisser les yeux dans leur état normal et en enregistrer tous les mouvements. Le Cinégraphe oculaire semble réunir toutes ces conditions. Ici la cuvette est remplacée par l'orbite oculaire même. L'appareil consiste en une cavité où le globe, les paupières et les cils se meuvent à leur aise et dont les rebords s'appliquent d'une manière étanche aux parties osseuses entourant l'œil. A cette cavité aboutit un tube relié au tambour de Marey. Les modifications du volume d'air résultant des mouvements du globe et des téguments suffisent pour produire des courbes à grand développement très sensibles, caractérisant les directions et les clignements.

Les graphiques sont semblables à ceux obtenus par l'appareil à pois, seulement amplifiés, surtout dans les déplacements d'élévation, les mouvements des paupières et des autres téguments étant synchrones et synergiques avec ceux du globe oculaire.

Différents modèles du Cinégraphe oculaire.

Le Cinégraphe à masque : Cet appareil donnant les meilleurs tracés sans aucune gêne pour le sujet est fait d'un moulage négatif pris sur nature de la partie supérieure de la figure, procédé courant des mouleurs. Sur le positif obtenu on refait des négatifs en plâtre de différents types munis d'anses pour attaches : 1° On remplace la paroi en plâtre recouvrant le globe par des verres ordinaires concaves enclavant dans cette cavité l'extrémité d'un tube relié au tambour de Marey. On obtient ainsi des lunettes absolument étanches pour l'inscription des mouvements d'un ou des deux yeux pouvant durer sans gêner le sujet. 2° Appareil, que je préfère, fait avec ce même masque où l'emplacement de l'œil qui fait les mouvements est découpé le rendant complètement libre. La cuvette en plâtre recouvrant l'autre œil, légèrement creusée, possède un entonnoir où aboutit le tube de conduction; cet œil dont les mouvements suivent automatiquement les mouvements de l'autre œil sert à les inscrire. Pour chaque individu on est obligé de faire un masque spécial; ce léger inconvénient est amplement compensé par les résultats.

Des lunettes du commerce en caoutchouc pour les nageurs, et d'autres pour les automobilistes, peuvent être facilement adaptées et servent pour plusieurs personnes.

Les conditions nécessaires pour construire un Cinégraphe oculaire sont les suivantes : 1° assurer une étanchéité complète pour l'air; 2° limiter au minimum le volume d'air de la cavité oculaire; 3° ménager dans cette cuvette un petit entonnoir servant de réservoir d'air où vient aboutir le tube conducteur.

Des recherches de plusieurs mois avec le Cinégraphe oculaire sur un certain nombre de sujets permettent d'espérer que cette méthode d'enregistrement sera largement employée. Les particularités individuelles causées par la nature affective, intellectuelle et pathologique des différents sujets me font croire que cette méthode d'enregistrement permettant des inscriptions prolongées et sans fatigue sera courante chez les oculistes, les esthéticiens et les médecins qui pourront l'utiliser pour le diagnostic de certaines maladies.

PHYSIOLOGIE. — *Variations de la chronaxie dans la fatigue par contraction volontaire soutenue, chez l'homme.* Note (¹) de MM. **Georges Bourguignon** et **Henri Laugier**, présentée par M. d'Arsonval.

A la suite de nos expériences sur les modifications de la chronaxie sous l'influence des variations circulatoires dues à la compression et à la décompression d'un membre chez l'homme (²), nous avons abordé (1924) l'étude de l'action de la fatigue sur la chronaxie. Nous avons étudié la fatigue que produit une contraction volontaire prolongée, soutenant un poids. Nous avons pris comme objet d'études les extenseurs des doigts.

Expérience. — Le sujet, bien appuyé sur la table, pose son avant-bras en pronation sur un coussin, la main étendue dans l'axe de l'avant-bras; il met en extension sur la main un doigt à l'extrémité duquel on suspend un poids. Le sujet maintient ce poids à une hauteur constante grâce à un repère qui lui permet de contrôler à chaque instant la position de son doigt; les autres doigts restent demi-fléchis.

L'expérience a porté tantôt sur l'index, tantôt sur le troisième doigt : les résultats ont été les mêmes dans les deux cas.

Le poids soulevé a varié de 50 à 200g. On supprime le poids lorsque le sujet fatigué ne peut plus le soutenir.

Au début de l'expérience le sujet tient le poids immobile. Au bout d'un temps, variable avec le poids employé et avec les expériences, il apparaît

(¹) Séance du 29 octobre 1928.

(²) G. Bourguignon et H. Laugier, *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 195.

un tremblement irrégulier, d'abord menu, puis violent, qu'augmentent les excitations électriques, et qui croît jusqu'à ce que le sujet ne puisse plus soutenir le poids. Au fur et à mesure que la fatigue se développe, on constate une diffusion de l'excitation volontaire dans les muscles voisins de ceux que le sujet contractait seuls d'abord. Ainsi, alors qu'au début le sujet relevait isolément l'index, au bout de quelque temps, et surtout vers la fin de l'expérience, les autres doigts se mettent en hyperextension. Dans quelques expériences il est même arrivé que le sujet relevait les doigts de la main du côté opposé sans s'en apercevoir. Dès que le poids est supprimé, le tremblement diminue puis disparaît.

Variations de la chronaxie. — Les choses se passent différemment sur le point moteur musculaire et sur le nerf.

a. Point moteur musculaire. — Pendant les premières minutes (7 à 13 minutes quel que soit le poids quand il ne dépasse pas 150^{g}), la chronaxie ne varie pas; puis la chronaxie commence à augmenter. Les valeurs maxima de la chronaxie du point moteur supérieur d'un extenseur ont oscillé entre $1^{\sigma},2$ et 2^{σ}. La chronaxie normale des points moteurs supérieurs des extenseurs des doigts étant comprise entre $0^{\sigma},44$ et $0^{\sigma},72$, on peut dire que la chronaxie a atteint 2 à 3 fois la valeur moyenne normale ($0^{\sigma},58$). Lorsque le poids est supprimé, la chronaxie diminue rapidement pour revenir à sa valeur initiale en quelques minutes.

Pendant toute l'expérience, la rhéobase n'a que de petites variations peu significatives; elles sont en tout cas à peu près constamment en sens inverse de celles de la chronaxie.

b. Nerf. — L'expérience a porté sur le nerf radial. On excite le nerf dans la gouttière de torsion et l'on prend les seuils sur l'extenseur du doigt qui porte le poids.

Sur le nerf on n'observe rien de semblable à ce que nous venons de décrire sur le point moteur musculaire. La chronaxie ne varie à aucun moment : toutes les valeurs qu'on trouve sont comprises dans les limites des valeurs normales; les petites oscillations qu'on observe n'ont aucun sens systématique et sont de l'ordre des erreurs expérimentales. Par contre, on constate une augmentation régulière de la rhéobase qui accompagne le développement de la fatigue et l'augmentation de la chronaxie du point moteur musculaire. Aussitôt le poids enlevé, la rhéobase du nerf reprend sa valeur initiale.

Ainsi, dans une expérience du 1er février 1924, avec un poids de 100^{g}, la rhéobase, qui était de 2,8 mA, avant l'expérience a augmenté progressive-

ment jusqu'à 6 mA, en une dizaine de minutes. Aussitôt le poids enlevé, la rhéobase est revenue rapidement à sa valeur initiale, de 2,8 mA.

Conclusions. — Il ressort de ces expériences que la fatigue produit une variation de la chronaxie portant exclusivement sur le point moteur musculaire, dont la chronaxie augmente, sans dépasser 2 à 3 fois la valeur normale : ce résultat est en accord avec les résultats des expériences de L. et M. Lapicque sur la grenouille [1].

La chronaxie du nerf restant invariable, la fatigue engendre un hétérochronisme du nerf et du point moteur musculaire; la rhéobase varie à la fois sur le nerf et sur le point moteur musculaire. Sur le point moteur du muscle, il s'agit de la variation en sens inverse de la rhéobase et de la chronaxie qu'on observe si souvent dans les variations expérimentales et pathologiques. Sur le nerf, il s'agit d'une variation de la rhéobase liée à l'hétérochronisme du nerf et du point moteur musculaire que détermine la fatigue.

PHYSIOLOGIE. — *De la mise en évidence par l'expérimentation d'un système de régulation vaso-motrice périphérique indépendant de la régulation circulatoire générale.* Note de MM. **R. Leriche** et **R. Fontaine**, présentée par M. Quénu.

Si l'on étudie avec un dispositif expérimental convenable, établi suivant les principes de Nolf, les rapports de la pression artérielle générale avec la pression artérielle périphérique, on met en évidence l'existence d'un système de régulation périphérique indépendant du système de la régulation centrale.

Sur le sympathique lombaire, toute excitation, qu'elle soit mécanique ou électrique, produit dans la circulation générale une augmentation de la pression artérielle suivie d'une chute, puis du retour au taux normal. En même temps, dans la circulation périphérique du membre inférieur, isolée expérimentalement, on note une hypertension rapide et transitoire précédant une hypotension plus durable qui met plusieurs minutes avant de disparaître.

Lorsqu'on excite la chaîne intacte, les modifications tensionnelles se font toujours dans le même sens, dans les deux circulations. Lorsqu'on excite le bout supérieur après section, les variations sont identiques. Quand on excite le bout inférieur, l'action est nulle ou presque nulle sur la circulation

[1] L. et M. Lapicque, *Modification de l'excitabilité musculaire par la fatigue* (*Soc. de Biologie*, 82, 1919, p. 772).

générale, alors que la circulation périphérique est modifiée comme il a été dit.

Après section de tous les troncs nerveux du membre inférieur (sciatique, obturateur et crural), l'excitation de la chaîne lombaire intacte, celle du bout supérieur après section, celle du bout inférieur donnent les mêmes effets que précédemment.

Il y a donc dans le système artériel périphérique isolé du système vaso-moteur général des mouvements réactionnels, des vaisseaux indépendants de ceux de la circulation générale.

A moins d'admettre qu'ils soient le fait d'une contraction myogénique, ce qui est peu vraisemblable, on est conduit à supposer qu'ils relèvent d'une innervation intrapariétale des artères, ayant une certaine autonomie. Le rôle joué par le réseau nerveux intrapariétal serait en somme identique à celui que jouent les plexus d'Auerbach et de Meissner.

Les vaisseaux semblent donc physiologiquement posséder, en dehors de toute connexion avec le système cérébro-spinal et avec le système sympathique, la propriété de répondre à une contraction par une dilatation et inversement :

La mise en évidence de ce mouvement de bascule autonome permet de comprendre comment l'équilibre circulatoire de nos tissus se maintient en présence des fluctuations incessantes de la circulation générale.

Pathologiquement, l'existence de ce système de régulation circulatoire périphérique permet de comprendre d'une façon nouvelle les perturbations vaso-motrices fonctionnelles consécutives aux traumatismes et leurs conséquences anatomiques (ostéoporose, arthrite traumatique, troubles trophiques), que l'on avait généralement tendance à considérer comme des réflexes d'axone.

ÉLECTRICITÉ PHYSIOLOGIQUE. — *Production d'une onde rectangulaire pour la recherche de la chronaxie.* Note de M. **Philippe Fabre**, présentée par M. d'Arsonval.

La vérification de la théorie cinétique [1] que nous avons proposée nous conduit à la recherche d'un dispositif purement électrique, réglant l'admission et la rupture instantanées d'un courant ainsi que la constance de son

---

(1) Ph. Fabre, *Théorie cinétique de l'excitation par ondes brèves* (*Comptes rendus*, **187**, 1928, p. 482).

intensité. Parmi les principes que nous avons déjà proposés [1] nous nous sommes attaché, pour des raisons d'économie, à perfectionner celui qui utilise les propriétés de soupape des grilles des triodes. Son inconvénient tenait à l'existence de la partie déclive de la caractéristique grille-plaque, qui retarde le moment où le courant de saturation est atteint. Pour obvier à ce traînage, soit dans l'admission, soit dans la rupture du courant, il fallait obtenir des variations instantanées du potentiel de grille dans l'un ou l'autre sens, séparées par un intervalle de temps aisément réglable. Une telle onde de potentiel rectangulaire nous a été fournie par un montage dont nous avons reconnu les propriétés à l'occasion de son application à l'électrocardiographie [2].

Il est représenté dans la partie moyenne de la figure 1 : une lampe A à *plaque protégée* (modèle Philips A 442) est alimentée par le courant électronique d'un kénotron K en série avec elle sur un groupe d'accumulateurs de 350 volts. Lorsque le potentiel p de la grille g de A s'abaisse par valeurs négatives (*fig.* 2), on observe que, pour une valeur critique de p ($p = -0,78$ volt) le potentiel du point M de jonction des deux lampes, qui était à peu près constant, s'élève brusquement de 70 volts, puis garde à peu près sa nouvelle valeur.

De même si l'on relève le potentiel de la grille g, le potentiel de M retombe brusquement à sa valeur primitive. Ce phénomène se produit cependant pour une valeur critique $p' > p$ ($p' = -0^{v},32$).

p et p' dépendent de l'intensité du courant plaque, du voltage de la batterie et du chauffage du filament de A.

Nous avons utilisé ces discontinuités dans le montage chronaxique ci-contre (*fig.* 1).

Un condensateur de capacité C, chargé à un potentiel P connu, se décharge, par abaissement de la clef F, à travers un kénotron N pouvant débiter un courant de saturation i mesuré préalablement au milliampèremètre m.

La grille g est ainsi portée brusquement à un potentiel

$$P \times \frac{r}{r+R} - v > p'.$$

Ce potentiel décroît ensuite linéairement dans le temps.

---

(1) Ph. Fabre, *La chronaxie par les tubes cathodiques à vide* (*Comptes rendus*, 186, 1928, p. 1862).

(2) Ph. Fabre, *Électrocardiographie au moyen d'oscillographes industriels* (*Comptes rendus*, 187, 1928, p. 257).

Il passe par la valeur p à l'époque t

$$t = \frac{P - (v + p)}{i} \cdot \frac{r + R}{r} \times C,$$

inversement proportionnelle à l'intensité i utilisée.

Cette durée t est celle de l'onde rectangulaire de potentiel qui a ainsi affecté le point M.

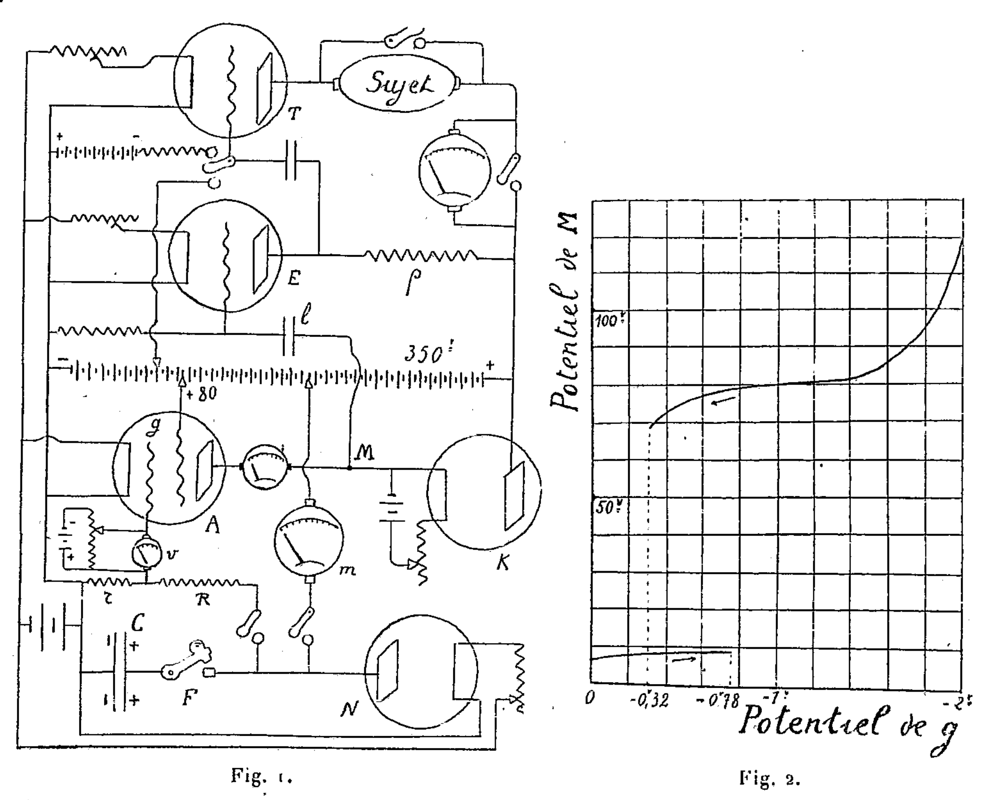


Fig. 1. Fig. 2.

Fig. 1. — Les trois clefs de la partie supérieure de la figure sont destinées à permettre la mesure préalable du courant de saturation qui parcourra le sujet. Toutes les clefs peuvent être réunies en groupes pour abréger les manœuvres. (v, voltmètre mesurant la polarisation initiale de g; R, résistance potentiométrique élevée.)

Fig. 2. — Les courbes ci-dessus sont relatives à une lampe Philips (modèle A 442) à plaque protégée par une grille auxiliaire sous 80 volts. Tension de chauffage = 4 volts; f. e. m. d'alimentation = 350 volts; courant de saturation du kénotron K en série = 2 milliampères.

Elle détermine une variation positive d'une centaine de volts sur la grille très négative de la triode T (à filament non thorié), grâce à une transmission par un étage amplificateur E à résistance ρ.

Elle provoque ainsi l'admission à travers le sujet puis la cessation

brusque du courant de saturation de T, la partie déclive de la caractéristique s'étendant sur une marge bien inférieure à 100 volts.

La précision des mesures, pour les temps extrêmement brefs, n'est limitée que par les perturbations dues à la fermeture de la clef F.

Afin de les éviter nous étudions un montage analogue au précédent mais comportant deux ensembles de tubes tels que (A, K) qui règleront l'un la fermeture, l'autre l'ouverture du courant.

BIOLOGIE. — *Sur quelques points de la reproduction chez les Crustacés Amphipodes : Les sacs ovigères temporaires, leur formation, leur rôle.* Note de Mme **M.-L. Leroux-Legueux**, présentée par M. Ch. Gravier.

Mes observations ont porté sur *Gammarus Duebeni* Lillj., espèce commune dans les eaux saumâtres supralittorales de la côte du Calvados. En étudiant les conditions physiologiques de la ponte chez cette espèce, j'ai pu constater qu'avant, pendant et après la sortie des œufs des deux oviductes, une sécrétion albuminoïde s'écoule de chaque orifice génital ♀. En effet, si l'on examine immédiatement après la ponte la chambre incubatrice de femelles fixées par une solution aqueuse de sublimé, on constate que les œufs y sont disposés dans deux sacs muqueux, transparents, situés l'un à droite l'autre à gauche sur la face ventrale du péreion, entre les oostégites (*fig.* 1). Chacun de ces sacs est relié postérieurement à l'orifice génital correspondant par un pédoncule formé par la sécrétion albuminoïde coagulée par le sublimé. Ces deux sacs ovigères sont accolés sur la ligne médiane ventrale, mais ne communiquent pas entre eux. Ils sont formés par *la sécrétion albuminoïde qui précède et accompagne l'émission des œufs.*

Ces sacs existent seulement pendant un temps très court, on ne peut les observer qu'immédiatement après la ponte. Au bout de quelques heures, la substance qui les constitue difflue et finalement disparaît. A partir de ce moment, les œufs se trouvent libres dans la cavité incubatrice, maintenus en place par les oostégites.

Les observations qui précèdent, effectuées sur *G. Duebeni*, concordent exactement avec celles de A. Della Valle [1] faites sur *Gammarus pungens* M. Edw. A. Della Valle pour expliquer l'origine de cette sécrétion a émis l'hypothèse d'une production directe par la paroi même de l'oviducte.

(1) A. Della Valle, *Gammarini del Golfo di Napoli.* Berlin, 1893, p. 172-176, 276-284, tav 48-50.

Or des coupes effectuées à divers stades chez des femelles de *G. Duebeni* m'ont permis de constater que *la paroi de l'oviducte n'est pour rien dans cette sécrétion et que celle-ci est produite par une paire de glandes muqueuses relativement volumineuses annexées à l'appareil génital de la femelle.*

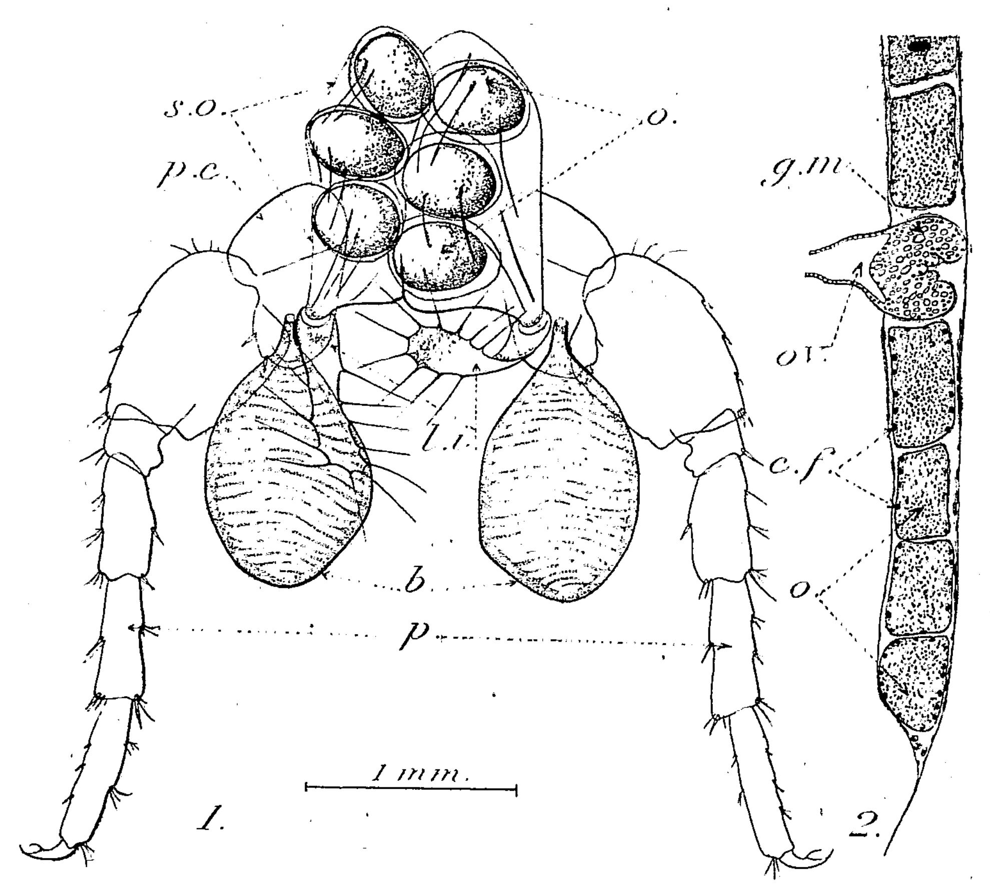


Fig. 1. — Sacs ovigères de *Gammarus Duebeni* : *s. o.*, sac ovigère droit; *o.*, œufs; *p. c.*, plaque coxale; *l. i.*, lamelles incubatrices; *b.*, branchies; *p.*, cinquième paire de péréiopodes.
Fig. 2. — Région postérieure de l'ovaire gauche de *Gammarus Duebeni*, × 50 (demi-schématique) : *g. m.*, glande muqueuse; *ov.*, oviducte; *c. f.*, cellules folliculaires; *o.*, œufs.

Chacune de ces glandes se trouve située au point de jonction de l'oviducte et de l'ovaire correspondant, dans le cinquième segment du péreion (*fig.* 2). Elles sont bilobées et présentent la structure et l'évolution de glandes muqueuses. Leur cycle évolutif est synchrone de celui des glandes génitales. Ce cycle prend place entre deux pontes successives, il dure environ 15 à 20 jours et se renouvelle chaque fois qu'une nouvelle ponte se prépare.

Dans l'évolution de ces glandes muqueuses, on peut reconnaître trois phases :

1° *Phase préparatoire ou de mise en charge.* — Cette phase s'observe 2 ou 3 jours après une ponte. Les coupes montrent qu'à ce stade les glandes sont formées par un épithélium muqueux typique, à cellules hautes dont le cytoplasme est finement réticulé et les noyaux rejetés vers la base des cellules.

2° *Phase de sécrétion.* — Ce stade s'observe avant la ponte. Les limites cellulaires sont difficilement visibles, les noyaux occupent toujours la même situation et le cytoplasme renferme de grosses boules de sécrétion.

3° *Phase d'excrétion.* — Cette dernière phase s'observe immédiatement avant l'arrivée du premier œuf dans l'oviducte et se termine un peu après le passage du dernier œuf. La sécrétion s'écoule par l'oviducte et forme les sacs ovigères temporaires.

C'est dans ces sacs ovigères que s'effectuent la maturation et la fécondation des œufs [1].

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Conditions de formation et de destruction de la vitamine* D *au cours de l'irradiation de l'ergostérol.* Note [2] de Mlle **D. Van Stolk**, MM. **E. Dureuil** et **Heudebert**, présentée par M. Ch. Fabry.

Il a été démontré par Heilbron, Kamm et Morton (*Journal of the Chemical Society*, 1927, p. 2000) que le pouvoir antirachitique donné par les rayons ultraviolets à l'ergostérol est accompagné d'un changement dans le spectre d'absorption de cette substance. L'ergostérol montre avant l'irradiation trois bandes bien définies à 2935, 2815 et 2700 Å ; après l'irradiation ces trois bandes ont disparu et une nouvelle bande s'est formée avec un maximum à 2470 Å. Cette nouvelle bande appartient à la vitamine D. En prolongeant l'irradiation, cette nouvelle bande disparaît à son tour. Les auteurs en concluent que certaines radiations émises par la lampe à vapeurs de mercure seraient nuisibles, en ce sens que la vitamine D serait détruite au fur et à mesure de sa formation. D'après eux on éviterait la décomposition de ce corps en éliminant pendant l'irradiation les rayons d'une longueur d'onde plus courte que 2500 Å.

Nous avons essayé de réaliser une irradiation filtrée en interposant un

(1) Les détails complémentaires seront donnés dans un Mémoire ultérieur.

(2) Séance du 29 octobre 1928.

écran entre la lampe à mercure (Cooper Hewitt, 110 volts 6 amp.) et la solution d'ergostérol à irradier. Cet écran se compose de deux lamelles en quartz entre lesquelles se trouve une couche d'huile d'arachide de $0^{mm},1$ d'épaisseur. Le rayonnement ultraviolet de longueur d'onde inférieure à 2550 Å se trouve arrêté. D'autres huiles ou des feuilles de gélatine choisies à des épaisseurs convenables conviendraient également. Nous avons ainsi irradié la solution d'ergostérol dans de l'alcool jusqu'à disparition complète des bandes de l'ergostérol; à ce moment apparaît faiblement la bande caractéristique de la vitamine D. La faiblesse de la bande indique que le produit est détruit avec une vitesse de réaction presque égale à celle de sa formation.

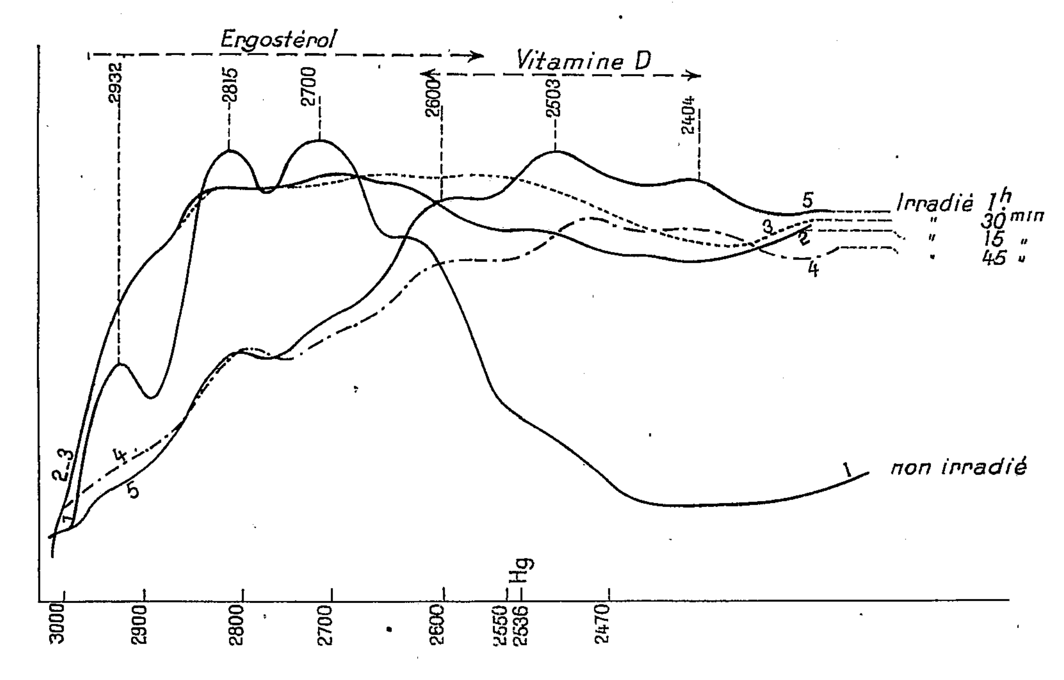
L'irradiation filtrée n'ayant pas donné de résultat satisfaisant, nous avons alors irradié l'ergostérol avec la totalité des radiations émises par la lampe à mercure, mais en plaçant la solution alcoolique à l'abri de l'air, c'est-à-dire dans une atmosphère d'azote. (Épaisseur de la couche de liquide, $1^{mm},5$; distance à la lampe, 30^{cm}.) Après la disparition des bandes de l'ergostérol, nous avons constaté cette fois d'une façon extrêmement nette l'apparition d'une absorption sélective avec un maximum à 2503 Å.

Pour nos essais spectrométriques, nous nous sommes servis d'un spectrographe en quartz, réglé pour la région 3200-2200 Å. Comme source de lumière ultraviolette, nous avons employé la lampe à hydrogène de Chalonge et Lambrey (*Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1057). Le spectre dans l'ultraviolet de cette lampe donne un bon fond continu très homogène avec une seule raie d'émission à 2536, due à une trace de mercure.

Nous avons photographié sur une même plaque les spectres de la solution fraîche d'ergostérol à 0,05 pour 100 et ceux de cette même solution irradiée en atmosphère d'azote pendant 15, 30, 45 minutes et une heure. Les spectres de cette plaque ont été enregistrés au microphotomètre à cellule photo-électrique de Lambert et Chalonge. Nous reproduisons ici les courbes d'absorption obtenues.

Nous observons pour l'ergostérol pur quatre bandes d'absorption avec des maxima à 2932, 2815, 2700 et 2600 Å. Pendant l'irradiation, les trois premières bandes disparaissent, tandis que la quatrième augmente en intensité, simultanément avec l'apparition de deux nouvelles bandes, ayant des maxima à 2503 et 2405 Å. La bande à 2600 Å est donc commune à l'ergostérol et à la vitamine D. La bande 2503 Å se développe à une intensité égale à celle des bandes 2815 et 2700 Å de l'ergostérol.

En continuant l'irradiation pendant 4 heures, les trois nouvelles bandes ne disparaissent pas. Au bout de 6 heures d'irradiation elles sont toujours présentes, mais un peu affaiblies, ce qui laisse prévoir leur destruction.



Nous concluons de nos essais que la réaction

$$\text{ergostérol} \xrightarrow{\text{U.V.}} \text{vitamine D} \rightarrow \text{produit de décomposition}$$

est un phénomène d'oxydation. La destruction finale de la vitamine D n'est pas due à l'émission par la lampe à mercure de radiations nuisibles, mais à une oxydation, laquelle, en solution alcoolique, ne peut être évitée entièrement, mais que l'on peut ralentir considérablement en opérant en atmosphère d'azote.

A 16h30m, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17h.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 12 NOVEMBRE 1928.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE HAMY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

LITHOLOGIE. — *Sur la constitution des laves de l'île Mehetia (Archipel de la Société).* Note de M. **A. Lacroix**.

La remarquable constitution lithologique de Tahiti rendait très désirable l'étude des laves de la petite île Mehetia (ou Maitea), située à environ 60 milles, dans l'Est de la pointe méridionale de la presqu'île de Taiarapu (Tahiti) et sur la composition de laquelle l'on ne savait absolument rien.

Le sommet du pic boisé constituant cette île s'élève à 435^{m} au-dessus du niveau de la mer; absolument escarpée du côté Nord, l'île présente une pente relativement douce vers le Sud où il est possible d'accoster, mais avec de grandes difficultés [1].

J'avais jusqu'à présent vainement cherché à obtenir des renseignements sur cette île volcanique, quand M. Bouge, gouverneur des Établissements français de l'Océanie, ayant bien voulu s'intéresser à mes recherches sur les laves du Pacifique, a profité d'une récente inspection aux îles Tuamotu pour toucher à Mehetia et y récolter une collection de roches sur la côte méridionale et dans un cratère qui surmonte le pic.

Toutes ces roches ont un facies basaltique, mais elles se divisent en deux groupes suivant qu'elles renferment ou non des feldspaths.

Par leur composition minéralogique et chimique, les premières, recueillies sur le rivage, sont des *limburgites;* elles comprennent elles-mêmes deux types. L'un est très pauvre en olivine et doit par suite être considéré comme

---

(1) *Instructions nautiques*, n° 39, p. 369.

une *augitite :* c'est une roche noire, finement bulleuse; un échantillon est en partie vitreux et paraît provenir des bords d'un filon; des phénocristaux d'augite sont maclés suivant h^1(100); ils sont distribués dans une pâte d'augite violacée, en longs microlites allongés, formant des étoilements très serrés qui conduisent presque à des sphérolites; ils renferment en abondance des cristallites de magnétite, résultat du groupement d'octaèdres enfilés suivant les axes quaternaires du cube. Quelques microlites incolores d'olivine contiennent de nombreuses lamelles d'ilménite orientées transversalement à leur allongement. Il existe enfin du verre opaque.

Un second type, encore plus vitreux, a la même composition minéralogique, mais il renferme en grande quantité des phénocristaux jaunes d'olivine automorphes, accompagnés d'une quantité moindre de cristaux d'augite. Un verre brun est très abondant, englobant des rosettes de gros microlites d'augite qui rappellent ceux de la roche précédente, mais ils sont nettement automorphes; il existe, en outre, des cristallites plus petits du même minéral.

Les analyses 1 et 2 données plus loin montrent que bien que dépourvues de minéraux blancs exprimés, ces roches renferment virtuellement de 40 à 50 pour 100 environ de feldspaths et 10 pour 100 de néphéline, le calcul met même en évidence dans l'analyse 1 une petite quantité de leucite virtuelle; par sa richesse en minéraux colorés, cette limburgite passe à une *ankaratite basanitique*.

Les laves feldspathiques ont été recueillies soit dans le cratère, soit sur la côte.

Un premier type est doléritique; très cristallin, il renferme de l'olivine en partie automorphe; des cristaux également automorphes, aplatis et maclés suivant h^1 et gloméroporphyriques, d'augite, englobent ophitiquement, sur leurs bords, des lames de labrador. Ce même feldspath abonde à l'état de grands microlites, en partie moulés par de l'augite et de l'olivine microlitiques, associées à de la magnétite. Ces microlites feldspathiques sont accolés les uns aux autres et comme cimentés par un peu d'orthose et de néphéline. Chimiquement (analyse 3), cette roche se rapproche beaucoup des deux précédentes; c'est une forme doléritique de *luscladite*.

Il en est de même (analyse 4) pour un bloc recueilli dans le cratère et qui me paraît constituer une enclave homoeogène, fragment d'une intrusion arraché en profondeur. Le grain est plus gros, la structure est plutôt grenue que doléritique; en outre, l'olivine est beaucoup plus abondante que dans la roche précédente, mais la teneur en néphéline virtuelle est plus

faible. Dans les intervalles des grains de plagioclase apparaissent des lames d'orthose groupées en rosettes renfermant des hexagones, sections de néphéline ou de sodalite un peu altérées. Cette roche est la forme doléritique, presque gabbroïque, d'une ankaramite basanitique.

Un dernier type est un basalte labradorique β aphyrique, à grain fin, pauvre en minéraux colorés et surtout en olivine; il est voisin des andésites labradoriques (analyse 5). Il renferme quelques phénocristaux microscopiques de labrador et d'augite : les microlites feldspathiques sont constitués par une andésine basique; l'olivine se présente uniquement à l'état microlitique.

Toutes ces laves présentent un déficit de silice et plus ou moins de néphéline virtuelle; elles correspondent à des types réalisés à Tahiti. Il y a lieu de noter l'absence des roches de couleur claire nombreuses dans cette dernière île. Néanmoins il n'est pas douteux qu'il ne faille rattacher magmatiquement Mehetia à Tahiti. Le fait était important à constater, car j'ai montré antérieurement [1] que l'île Moorea, beaucoup plus rapprochée de Tahiti que Mehetia présente une constitution nettement différente.

Les analyses suivantes ont été effectuées par M. Raoult :

1. *Limburgite ankaratritique* .... III (IV) [6(7).3'.4]['2.3.2.2']
2. *Augitite*.......................... III.6.3.4[2.(1)2.2'.3]
3. *Luscladite doléritique*............ III.6.3'.4[2.2.2.2]
4. *Dolérite β mélanocrate*.......... .. 'IV.5'.(3)4.'4['2.3.'2.2]
5. *Basalte labradorique β*......... .. (II)III.5.3.4['3.2.2.3]

	1.	2.	3.	4.	5.
SiO^2	41,02	43,64	42,86	42,50	46,22
Al^2O^3	12,94	14,43	13,78	9,85	16,41
Fe^2O^3	3,10	3,53	5,22	3,95	4,54
FeO	10,72	9,24	7,34	9,67	7,29
MgO	13,39	6,09	9,63	17,54	4,32
CaO	10,76	12,14	12,92	10,16	9,88
Na^2O	2,44	3,08	2,55	1,38	3,39
K^2O	1,41	1,85	1,34	1,05	2,18
TiO^2	3,62	4,57	2,99	3,08	4,24
P^2O^5	0,14	0,19	0,45	0,39	0,71
H^2O +	0,18	0,90	0,96	0,39	0,64
» —	0,08	0,27	0,17	0,20	0,29
MnO	0,27	0,29	0,20	0,24	0,22
	100,07	100,22	100,41	100,40	100,33

[1] A. Lacroix, *Mém. Ac. Sci.*, 59, 1927. p. 1-82.

An °/₀ du plagioclase..	100	79	79	72	50
Né..................	11,1	10,4	8,4	2,8	3,3
Leu..................	3,3	–	–	–	–
Oliv..................	23,6	4,9	10,2	30,2	4,1
Σ_b..................	61,2	50,9	55,1	66,5	37,4

BOTANIQUE. — *Apparition de l'Oreille de Chardon sur le Panicaut maritime* (Eryngium maritimum) *au laboratoire*. Note de M. **J. Costantin**.

En même temps que s'observait le développement des Pleurotes dans la nature qui a été décrit dans la dernière séance de l'Académie, une éclosion de Champignons semblables se produisait au laboratoire de Biologie végétale de Fontainebleau; cette récolte a été attendue en vain depuis plus de quatre ans.

Les Pleurotes ainsi apparus ont été peu nombreux (6 sur un groupe d'*Eryngium maritimum*, 7 répartis sur deux groupes d'*Eryngium campestre*) relativement à l'amplitude et à la variété de mes essais dans les plates-bandes établies par moi dans le jardin du laboratoire.

I. *Le Pleurote des dunes du littoral.* — On sait depuis longtemps que les Oreilles de Chardon ou Argouanes (*Pleurotus Eryngii*) croissent parfois en abondance sur le bord de la mer (¹). Quand on déterre avec soin les pieds de ces Agarics, on constate qu'ils sont toujours insérés sur une vieille souche morte au moins à la partie supérieure. Dès le début de mes recherches sur la culture de l'Argouane, je me suis préoccupé de chercher à reproduire artificiellement le Champignon du littoral et j'ai expédié (jusqu'ici sans succès) des mises de blanc pur stérilisé du Pleurote de la Charente à toutes les personnes qui ont bien voulu seconder mes efforts pour fertiliser la bande côtière inutilisée et stérile le long de l'Océan, de la Manche et la Méditerranée.

L'apparition de Pleurotes sur des Panicauts maritimes cultivés au laboratoire constitue donc un fait nouveau qui est un acheminement vers la solution du problème précédent.

II. *Culture de l'*Eryngium maritimum *au laboratoire.* — Voici comment j'ai réalisé la culture de l'*Eryngium maritimum* d'abord en pot, puis dans une plate-bande (n° VII), et comment l'inoculation du mycélium a été faite.

Les graines obtenues du jardin botanique de Zurich furent divisées en deux lots et ensemencées sur deux pots le 24 avril 1924, en plein air. L'un des pots fut inoculé

(¹) *Bull. Soc. mycol. France*, **24**, p. XLVI; **25**, p. XXVI; **32**, p. II.

avec des mises mycéliennes de *Pleurotus Eryngii* récolté à la Rochelle; le second pot resta sans Champignon. Je désignerai par A les germinations du premier pot et par S celles du second.

Le 8 octobre 1924, ces pots furent dépotés et les plantules mises en pleine terre aux deux extrémités de la plate-bande VII de 8^m de long.

En octobre 1925, sur les 7 pieds A, 5 étaient morts; les deux autres étaient chétifs, l'un ayant deux feuilles et l'autre une. Les 8 pieds S avaient prospéré, l'un d'eux magnifique avait 23 feuilles; trois autres seulement étaient un peu chétifs.

Le 28 mars 1926, il n'y avait plus de traces des pieds A. Les pieds S formaient quatre belles touffes.

Le 7 octobre 1926, rien n'avait reparu en A. Parmi les pieds S, l'un était énorme, deux avaient fleuri et fructifié; deux étaient restés à l'état de rosette.

J'ai montré, en 1925, le caractère pathogène du mycélium de *Pleurotus Eryngii* pour les germinations de l'*Eryngium campestre;* il se comporte de même pour les premiers stades de la vie de l'*Eryngium maritimum* (¹).

Or c'est sur les pieds S de l'*Eryngium maritimum* précédents de la plate-bande VII que six gros Pleurotes ont fait leur apparition, le 25 octobre 1928. L'un d'eux a continué à se développer les jours suivants et il a atteint la taille extraordinaire de 19^{cm}; les autres mesurent 15 à 12^{cm}.

Il est étrange de constater, contrairement à ce que j'ai observé sur la route de Bourgogne (forêt de Fontainebleau), que c'est sur les pieds non inoculés que les Champignons sont apparus; les individus qui avaient reçu le mycélium étaient au contraire tués. Dans l'expérience faite en pleine forêt, les pieds inoculés sont seuls à présenter des Pleurotes au bout de 15 à 17 mois.

III. *Explication des phénomènes observés au laboratoire.* — De très nombreuses inoculations avec des mises du *Pleurotus Eryngii* ont été réalisées en des points multiples dans le sol des plates-bandes où mes expériences étaient entreprises dans le jardin du laboratoire. D'après une observation faite dans les Ardennes à Guignicourt-sur-Vence, le mycélium pourrait peut-être se propager dans le sol; mais dans le laboratoire cette avance est certaine et atteint 4^m en quatre ans (²). C'est ainsi qu'a pu s'opérer l'invasion des parties souterraines de l'*Eryngium maritimum* S, qui étaient primitivement sans Champignon.

Pourquoi ce mycélium arrivé tardivement n'a-t-il pas détruit les Panicauts maritimes S comme il avait détruit les Panicauts A?

L'*Eryngium maritimum* n'a été atteint par le mycélium voisin qu'après avoir

---

(¹) *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 485.

(²) La contamination par l'air (de spores venant de la route de Bourgogne) est inadmissible : la distance est de 2^{km} en grande partie boisés. D'ailleurs les Champignons du laboratoire ont une taille non observée en forêt.

acquis un grand développement, c'est-à-dire une grande force de résistance. Certaines ramifications de la souche ont pu malgré cela être envahies et mortifiées, mais les parties voisines et les régions plus profondes sont restées vivantes et le Pleurote a pu fructifier sur les parties mortes.

Mais quand on inocule dans la forêt les mises aux pousses qui sortent de terre au printemps, elles devraient succomber; elles résistent probablement par suite de la présence des mycorhizes dans les stations naturelles. Ces mycorhizes manquent aux germinations réalisées dans le laboratoire, aussi sont-elles tuées. Il est très possible que le succès des expériences du pont de Bourgogue est dû à la présence des mycorhizes et l'insuccès des essais du laboratoire [sauf en trois points (1)] à leur absence.

IV. *Taille des Pleurotes.* — La taille des Pleurotes de l'*Eryngium maritimum* développés au laboratoire (15 et 19^{cm}) est assez surprenante. Le *Pleurotus Eryngii* qui croît sur l'*Eryngium campestre* ne dépasse guère 10^{cm} pour le chapeau. Aucun mycologue n'a mentionné que le Pleurote des dunes était différent de ce dernier.

Il ne semble pas que le sol du jardin du laboratoire qui est sablonneux comme celui de la route de Bourgogne (sans engrais ni fumure) puisse expliquer la croissance excessive du Pleurote de l'*Eryngium maritimum.* La taille des 7 Pleurotes poussant sur les *Eryngium campestre* du jardin varie de 8 à 11^{cm}.

Les grands Pleurotes du Panicaut maritime qui ont le chapeau brun atteignant 19^{cm} semblent intermédiaires entre les Pleurotes alpestres (blancs et de 20^{cm}) et les Pleurotes de la Charante (bruns de 10^{cm}). Faut-il penser que le mycélium du Pleurote alpestre, qui était dans le sol des plates-bandes voisines, a rencontré le mycélium du Pleurote de plaine? Évidemment une pareille considération ne doit être envisagée qu'avec la plus grande réserve mais elle peut provoquer des recherches nouvelles.

PHYSIOLOGIE. — *De l'adaptation des animaux marins à la mise à sec.* Note (2) de M. **Charles Richet**, Mlle **Eudoxie Bachrach** et M. **H. Cardot.**

Nous nous sommes proposé de rechercher s'il était possible, chez des animaux aquatiques retirés de l'eau pendant des périodes courtes, mais

(1) Pour les deux touffes fécondes d'*Eryngium campestre* les mycorhizes ont peut-être été rapportées lors de la mise en culture : elles dérivent non de germinations mais de pieds repiqués qui ont repris.

(2) Séance du 29 octobre 1928.

répétées, de constater quelque phénomène d'adaptation et de réaliser ainsi une augmentation de leur résistance vis-à-vis de la mise à sec.

Nos expériences, faites au laboratoire de Tamaris (Var), ont porté d'une part sur des Poissons du genre *Gobius*, appartenant à trois espèces différentes, et d'autre part sur des Crustacés (Pagures).

Les animaux étaient divisés en deux lots équivalents placés dans deux aquariums contigus et identiques, avec circulation continue d'eau de mer bien aérée. Les animaux de l'un des aquariums étaient chaque jour mis à sec pour une durée qui est précisée plus loin.

1° *Expériences sur les Pagures*. — Les expériences faites sur les Pagures exigent certaines précautions. Lorsque ces animaux sont placés hors de l'eau, ils emportent avec eux dans leur coquille une quantité d'eau, variable suivant les dimensions et la forme de la coquille. Chez deux individus différents, une même période de mise à sec peut ainsi être inégalement sévère. Aussi avons-nous eu soin de choisir des Pagures tous logés dans une coquille de même espèce, *Cerithium vulgatum*, et de prendre ceux qui avaient des coquilles à peu près de même taille. Au sortir de l'eau, chaque Pagure était soigneusement égoutté, l'ouverture de sa coquille étant tournée vers le bas, afin qu'il emportât avec lui le moins d'eau possible.

Du 15 au 28 septembre, vingt Pagures ont été ainsi, chaque après-midi, mis à sec, généralement pour une période de deux heures et demie. Il n'y a eu d'exception à cette règle que le premier et le cinquième jour où la durée de la mise à sec a été de trois heures. Ce délai de trois heures a, le premier jour, fortement touché l'un des Pagures qui ne s'est remis ensuite qu'avec difficulté. De même, le cinquième jour, la mise à sec de trois heures a tué l'un des Pagures. Comme notre but n'était pas de provoquer une sélection des Pagures par élimination des moins résistants, nous nous en sommes tenus à une mise à sec de deux heures et demie les autres jours. Dans ces conditions, la température s'étant maintenue au cours de l'expérience dans l'air et dans l'eau entre 21° et 23°, nous n'avons perdu qu'un seul de nos animaux, celui qui est mort le cinquième jour. Il n'y a eu aucun décès chez les témoins.

Le 29 septembre à 10h du matin, 16 Pagures du lot en expérience et 16 du lot témoin ont été mis à sec définitivement et examinés à divers moments dans les heures qui suivent.

Voici le résultat de cette expérience :

		Témoins.	Préalablement asphyxiés.
Après 9 heures :	Vivants	16	16
»	Morts	0	0
Après 12 heures :	Vivants	10	16
»	Morts	6	0
Après 22 heures :	Vivants	1	7
»	Morts	15	9
Après 26 heures :	Vivants	0	5
»	Morts	16	11
Après 28 heures :	Vivants	»	3
»	Morts	»	13
Après 31 heures :	Vivants	»	0
»	Morts	»	16

La différence constatée est donc très notable. Elle nous enseigne que les Pagures s'accoutument relativement à rester un certain temps hors de l'eau et que leur résistance à la mise à sec définitive est ainsi, et d'une façon assez rapide, considérablement accrue.

2° *Expériences sur les Gobius.* — Les trois espèces qui nous ont servi sont : *G. jozo*, *G. paganellus* et *G. lota*.

Tous les poissons d'un aquarium ont été, du 15 au 23 septembre, mis à sec chaque après-midi pendant 15 minutes. Ce délai a été porté de 15 à 20 minutes les 19 et 20 septembre, à 25 minutes les 21 et 22 septembre et à 30 minutes le 23 septembre. Sur une cinquantaine de poissons, deux seulement, un *jozo* et un *lota*, sont morts les trois derniers jours. Sur les 50 poissons témoins, il n'y a eu aucun décès.

Du 24 au 29 septembre ont commencé des expériences comparatives de mise à sec sur les témoins et sur les poissons ayant subi les mises à sec successives. La comparaison se faisait entre individus de même espèce. Entre ces espèces voisines, nous trouvons en effet une différence notable au point de vue de la résistance à la mise à sec.

La durée de la survie dans ces conditions est appréciée par : 1° le temps que mettent à disparaître les mouvements de défense quand on saisit le poisson par l'extrémité caudale; 2° la disparition du réflexe labio-operculaire; 3° la disparition de tous signes d'activité motrice. A ce dernier stade le poisson semble mort.

Ce n'est cependant pas encore absolument la mort, car, si on le remet alors dans l'eau, il peut reprendre ses mouvements respiratoires et ses mouvements normaux de natation dans l'heure qui suit. Quand ceci se produit cependant, la survie n'est jamais définitive et la mort survient toujours dans

la journée suivante. — C'est là un fait remarquable et paradoxal sur lequel nous aurons à revenir dans des expériences ultérieures.

Nous avons réparti les poissons en trois groupes selon leurs poids. En effet, il est facile de constater qu'ils résistent d'autant plus qu'ils sont plus gros. Les conditions de température (de 19° à 23°) ont paru être sans influence.

En faisant égal à 100 le nombre de minutes nécessaires pour faire disparaître chez les témoins; α, le réflexe caudal (en moyenne 71 minutes); β, le réflexe labio-operculaire (en moyenne 114 minutes); γ, toute trace de vie apparente (en moyenne 121 minutes), le nombre des minutes pour les poissons préalablement soumis à des mises à sec répétées a été :

Nombre d'animaux.	Fin du réflexe caudal.	Fin du réflexe labio-operculaire.	Mort apparente.	Moyenne.
XXVIII. *Gobius lota*	208	116	124	
	260	185	165	151
	165	114	107	
XVII. *Gobius jozo*	110	127	131.	
	121	105	109	126
	122	107	107	
XXVIII. *Gobius paganellus*	125	100	113	
	125	124	124	126
	125	»	»	
		Moyenne générale		134

On voit qu'il n'y a *pas d'exception* au fait remarquable d'une résistance accrue chez les *Gobius* qui avaient été les jours précédents mis à sec. Ces constatations qui portent sur 72 individus sont donc tout à fait décisives. Il est rare de trouver une pareille homogénéité dans les résultats.

Notons la différence de résistance chez des espèces aussi voisines que *G. jozo*, *G. lota*, *G. paganellus*.

On peut faire maintes hypothèses sur la cause de cette accoutumance à la sortie de l'eau. Est-ce une polyglobulie? Est-ce une diminution du métabolisme? Est-ce la production de substances anti-asphyxiques? Est-ce la sécrétion d'exsudats muqueux s'opposant aux effets de la dessiccation?

Quoi qu'il en soit, nous pouvons déjà formellement conclure que chez quelques Poissons et quelques Crustacés *les mises à sec répétées, trop courtes pour entraîner la mort, amènent une accoutumance évidente*.

Ainsi certains animaux ont des facultés étonnantes d'adaptation, autrement dit une relative accoutumance aux conditions anormales auxquelles ils ont été exposés.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur l'existence de Méduses dans le Bajocien du Bessin.* Note (1) de M. **A. Bigot.**

L'oolithe ferrugineuse bajocienne du Bessin se termine par une zone, épaisse de quelques centimètres, caractérisée par l'abondance du *Cadomites linguiferus.* Un délit irrégulier limite cette zone à sa partie supérieure, au-dessus de laquelle les oolithes ferrugineuses disparaissent.

Au cours de recherches effectuées au mois de septembre dernier, j'ai trouvé dans ce délit, à Sainte-Honorine-des-Pertes, plusieurs exemplaires d'un organisme dont M. Porte a de son côté recueilli également plusieurs échantillons.

Ces organismes ont la forme de disques dont le diamètre atteint 12^{cm}; ils sont incomplets, car aucun ne montre la bordure marginale. La surface des disques est couverte de rayons rectilignes, colorés par de la limonite, se détachant en brun foncé sur le disque, qui est d'un brun plus clair. Ces rayons sont larges de 1^{mm} vers le bord du disque; ils sont parfois groupés deux à deux, et parfois bifurqués vers le bord; leur nombre est de 60 à 70.

Je crois pouvoir rapporter ces organismes à des Méduses. Les rayons du disque représenteraient les canaux radiaires; par leur disposition et leur nombre, ces rayons sont comparables à ceux du *Discophyllum peltatum* Hall, de l'Ordovicien de l'État de New-York (2).

Il est probable que cette Méduse appartient au sous-ordre des Rhizostomidés, dans lequel on a placé un certain nombre de Méduses trouvées dans le Cambrien, le Carbonifère et le Jurassique supérieur.

Les conditions de fossilisation des Méduses, rappelées par M. Van Straelen (3), confirment les conclusions sur les conditions du dépôt de l'oolithe ferrugineuse bajocienne de Normandie, tirées des caractères lithologiques (4) et de la faune. Cette oolithe ferrugineuse est bien un dépôt de la zone néritique, au voisinage de la côte, et il paraît même s'être effectué sous une faible profondeur d'eau dans la zone intercotidale.

---

(1) Séance du 5 novembre 1928.

(2) Dans Walcott, *Fossil Medusae* (*Monographs of the Un. St. Geol. Survey*, 30, 1898, p. 101, pl. XLVII).

(3) Victor Van Straelen, *Sur les premiers restes de Méduses trouvés dans le calcaire carbonifère de Belgique* (*Bull. Cl. Sc. Acad. Roy. de Belgique*, 1926, p. 952, 955, 1 pl.).

(4) L. Cayeux, *Les minerais de fer oolithique de France*, fasc. II : *Minerais de fer secondaires*, 1922, p. 691-693.

M. F.-E. **Fournier** fait hommage à l'Académie d'une brochure intitulée *Dispositifs nouveaux à utiliser sur le bâtiment guide de toute escadre en formation de brume pour la sécurité de celles de ces escadres dont les routes se croiseraient dangereusement.*

M. E. **Mathias** fait hommage à l'Académie d'une brochure intitulée *La Matière fulminante.*

M. H. **Villat** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage de M. Maurice Roy, *Sur l'aérodynamique des ailes sustentatrices et des hélices*, dont il a écrit la *Préface*.

NOMINATIONS.

Le **Bureau de l'Académie** est désigné pour représenter l'Académie à l'inauguration de l'*Institut Henri Poincaré*, à la Faculté des Sciences, le samedi 17 novembre 1928. M. É. **Picard** prendra la parole au nom de l'Académie.

M. **Émile Borel** expose que l'*Institut Henri Poincaré*, qui sera inauguré le 17 novembre à 15^h, ne consiste pas seulement en un bâtiment, mais aussi en chaires et enseignements de calcul des probabilités et de physique théorique. Cette fondation est due à l'*International Education Board* et à notre confrère le baron Edmond de Rothschild.

D'après les statuts de la fondation, des savants étrangers pourront être appelés chaque année pour faire des conférences sur le calcul des probabilités et la physique théorique. La fondation a ainsi un caractère international, et le choix de Paris pour le siège de cet Institut est un hommage rendu par les fondateurs américains au rayonnement de l'École mathématique française.

M. M. **d'Ocagne** est désigné pour représenter l'Académie à la célébration du *Centenaire de Charles de Freycinet*, le mercredi 14 novembre, à l'École Polytechnique.

ÉLECTIONS.

M. **Blas Cabrera y Felipe** est élu Correspondant pour la Section de Physique, en remplacement de M. *S. Arrhenius* décédé, par 42 suffrages contre 2 à M. *Nils Bohr*, 2 à M. *C. Gutton* et 1 à M. *H. Buisson*.

Par la majorité des suffrages, MM. **H. Le Chatelier** et **G. Urbain** sont réélus membres de la *Commission de contrôle de la circulation monétaire*.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Maurice Roy. *Stabilité, Centrage et Maniabilité des Avions dans le Vol longitudinal. Empennages et gouvernes de profondeur.* (Présenté par M. M. d'Ocagne.)

2° *Théorie ionique de l'excitation des tissus vivants*, par P. Lasareff. (Présenté par M. d'Arsonval.)

3° *Spongiaires de l'Atlantique et de la Méditerranée, provenant des croisières du Prince Albert Ier de Monaco*, par Émile Topsent. (Présenté par M. L. Joubin.)

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur une inégalité fondamentale de probabilité.* Note de M. **C. Lurquin**, présentée par M. Émile Borel.

1. Markoff a fait connaître une proposition essentielle sur les valeurs moyennes sous la forme d'une inégalité fondamentale de probabilité [1].

---

[1] A. A. Markoff, *Wahrscheinlichkeitsrechnung*, p. 54 (Leipzig, Teubner, 1912). L'auteur emploie son théorème pour établir la démonstration du critérium de Bienaymé-Tchebycheff sur la probabilité des limites entre lesquelles reste comprise une somme de variables éventuelles.

MM. A. Guldberg (¹) et V. Romanowsky (²) ont généralisé ce résultat. Dès 1921, dans un Mémoire universitaire, j'ai établi une généralisation de l'inégalité probabilitaire de Markoff pour le cas de plusieurs variables éventuelles et correspondant aux valeurs moyennes de degré supérieur. Voici la synthèse du raisonnement.

2. Considérons le schéma suivant de grandeurs fortuites. Soit un nombre quelconque de variables éventuelles : $\alpha, \beta, \gamma, \ldots; \alpha_1 \alpha_2 \ldots \alpha_k; \beta_1 \beta_2 \ldots \beta_l;$ $\gamma_1 \gamma_2 \ldots \gamma_m; \ldots$ sont les valeurs positives possibles de $\alpha, \beta, \gamma, \ldots$ avec les probabilités respectives $p_1^\alpha p_2^\alpha \ldots p_k^\alpha; p_1^\beta p_2^\beta \ldots P_l^\beta; p_1^\gamma p_2^\gamma \ldots p_m^\gamma \ldots$.

On a les relations de condition écrites en abrégé

$$(1) \quad \Sigma_r p_r^\theta = 1 \qquad [\theta = \alpha (r = 1, \ldots, k) \beta (r = 1, \ldots, l) \gamma (r = 1, \ldots, m) \ldots$$

Supposons que les variables $\alpha, \beta, \gamma, \ldots$ soient les seules possibles dans le schéma probabilitaire considéré et que la probabilité d'une série de valeurs pour l'une d'entre elles soit p^θ. Alors il vient

$$(2) \qquad \Sigma p^\theta = 1 \qquad (\theta = \alpha, \beta, \gamma, \ldots).$$

On a l'identité

$$(3) \qquad \Sigma_\theta p^\theta \, \mathrm{VM}(\theta^n) = \Sigma_\theta p^\theta \Sigma_r p_r^\theta \theta_r^n.$$

Soit N une quantité positive. Divisons l'ensemble des valeurs correspondant à chaque variable éventuelle en deux groupes ; le premier comprenant celles qui sont inférieures ou égales à N et le second formé de celles qui sont supérieures à cette même quantité. Soit pour α la répartition

$$\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_e \text{ sont } \leqq \mathrm{N}; \quad \alpha_{e+1}, \alpha_{e+2}, \ldots, \alpha_k \text{ sont } > \mathrm{N},$$

et de même pour les autres variables éventuelles. Supprimons le premier groupe et remplaçons les éléments du second par N. Alors (3) donne

$$(4) \qquad \Sigma p^\theta \, \mathrm{VM}(\theta^n) > \mathrm{N}^n \Sigma p^\theta (1 - \Sigma_t p_t^\theta),$$
$$[\theta = \alpha (t = 1, \ldots, e) \beta (t = 1, \ldots, f) \gamma (t = 1, \ldots, g) \ldots]$$

ou

$$(5) \qquad 1 - \frac{1}{\mathrm{N}^n} \Sigma p^\theta \, \mathrm{VM}(\theta^n) < \Sigma p^\theta \Sigma_t p_t^\theta;$$

le second membre de cette inégalité est la probabilité $\mathrm{P}^{\leqq \mathrm{N}}_{\alpha, \beta, \gamma, \ldots}$ que l'une des

(¹) A. Guldberg, *Sur un théorème de Markoff* (*Comptes rendus*, 175, 1922, p. 679).

(²) V. Romanowsky, *Généralisation d'une inégalité de Markoff* (*Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1468).

variables éventuelles α, β, γ, ... soit inférieure ou égale à N. On a donc

$$(6) \qquad P^{\leqq N}_{\alpha, \beta, \gamma, \ldots} > 1 - \frac{1}{t^n},$$

en posant

$$N = t \sqrt[n]{\Sigma p^\theta \text{VM}(\theta^n)}.$$

3. Pour $n = 1$, on a le résultat de M. Romanowsky. Dans le cas d'une seule variable, la formule (6) devient

$$P^{\leqq N}_{\alpha} > 1 - \frac{1}{t^n},$$

avec

$$N = t \sqrt[n]{\text{VM}(\alpha^n)}.$$

C'est le résultat de M. Guldberg.

Pour $n = 2$, la formule (6) se rapproche de celle de Tchebycheff. Si l'on pose

$$N^2 = \lambda^2 \Sigma p^\theta \text{VM}(\theta^2).$$

$1 - \frac{1}{\lambda^2}$ est inférieure à la probabilité que l'une des variables éventuelles α, β, γ, ... prenne des valeurs comprises dans l'intervalle

$$\pm \lambda \sqrt{p^\alpha \text{VM}(\alpha^2) + p^\beta \text{VM}(\beta^2) + \ldots}.$$

On voit donc que la limite inférieure de la probabilité se présente sous la forme simple de celle de Tchebycheff mais l'intervalle des limites pour les variables éventuelles est modifié.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur l'interprétation de certaines courbes de fréquence.* Note de MM. **F. Eggenberger** et **G. Pólya**, présentée par M. Émile Borel.

Nous considérons le schéma d'urnes suivant, dont nous avons déjà donné des applications statistiques ailleurs [1]. Une urne contient originalement N boules dont $N\rho$ sont rouges et $N\sigma$ sont noires; $\rho + \sigma = 1$, nous supposons $0 < \rho \leqq \sigma$. Nous faisons de l'urne n tirages successifs, en remplaçant, après chaque tirage, la boule tirée par $1 + N\delta$ boules de la même

[1] *Zeitschrift f. angewandte Mathematik u. Mechanik*, 3, 1923, p. 279-289; F. Eggenberger, *Thèse*, Zurich, 1924.

couleur. Les cas $\delta = 0$ (boule remise) et $N\delta = -1$ (boule non remise) sont classiques. Si δ est positif, le nombre des boules augmente après chaque tirage et chaque succès obtenu favorise les chances des succès à obtenir, le succès est « contagieux ». Si δ est négatif, le nombre des boules diminue et chaque succès obtenu gâte les chances de succès ultérieures. Soit r le nombre des boules rouges tirées pendant les n tirages; r peut prendre les valeurs 0, 1, 2,..., n. En portant les $n+1$ probabilités correspondantes comme ordonnées équidistantes dans un système rectangulaire, nous obtenons une distribution (une « courbe ») de probabilités dépendant de 3 paramètres ρ, δ, n. Notre but est d'examiner les formes limites résultant de cette distribution, quand n, le nombre des tirages, tend vers ∞. Il y a différentes formes limites, la courbe normale (de Gauss) n'étant que la plus connue, puisque ρ et δ peuvent varier différemment avec n. Nous parlerons d'événements *rares* ou d'événements *usuels* selon que ρ tend vers 0 ou garde une valeur positive invariable et nous dirons qu'il y a contagion *faible* ou *forte* selon que δ tend vers 0 ou reste constant pendant le passage à la limite. Voici les cas que nous avons trouvés :

I. ρ constant, $\delta = 0$, événements usuels indépendants. Distribution limite continue, c'est la courbe normale. (Loi des grands nombres.)

II. $n\rho = h$ constant, $\delta = 0$, événements rares indépendants. Distribution limite discontinue. (Loi des petits nombres.)

III. ρ constant, $n\delta = d$ constant, événements usuels avec faible contagion. Distribution limite continue, c'est la courbe normale, mais la dispersion diffère de la normale, le signe de la différence étant celui de d.

IV. $n\rho = h$ et $n\delta = d$ sont des constantes positives, événements rares avec faible contagion. Distribution limite discontinue, différente de II.

V. ρ et δ sont des constantes positives. Événements usuels avec forte contagion. Distribution limite continue; en posant $\rho = \alpha\delta$, $\sigma = \beta\delta$, $r \sim xn$, la densité de la probabilité au point x est

$$\frac{\Gamma(\alpha+\beta)}{\Gamma(\alpha)\Gamma(\beta)} x^{\alpha-1}(1-x)^{\beta-1}.$$

VI. $\rho \to 0$, $\delta \to 0$, $n\rho^2 \to \infty$, $n\delta^2 \to \infty$, $\rho\delta^{-1} = \alpha$ est une constante positive, événements « presque rares » avec contagion « presque faible ». Distribution limite continue; en posant $r \sim xn\delta$, la densité de la probabilité au point x est

$$\frac{1}{\Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x}.$$

Les cas limites I et II sont classiques et remontent à De Moivre; on les attribue d'habitude respectivement à Laplace et à Poisson. III remonte essentiellement à Laplace et à Cournot. Pour III et IV, voir nos publications citées. Les distributions limites continues rencontrées sous I, III, V, VI ont été déjà envisagées par Pearson ([1]) ensemble avec d'autres courbes de fréquence. Mais il y a deux remarques à faire :

1° Notre déduction donne une *interprétation possible* (il n'y a pas d'interprétations nécessaires) aux différentes formes I-VI et aux valeurs de leurs paramètres. Elle permet par exemple de comprendre pourquoi les fréquences rencontrées aux épidémies rares (comme la petite vérole est de nos jours) sont bien représentables par IV et celles des dommages causés par les incendies par V.

2° Nous avons prouvé que les autres courbes de fréquence de Pearson, non rencontrées ici, *ne peuvent pas être cas limites du schéma d'urnes considéré*. Nous ignorons de quelle interprétation elles pourraient être susceptibles.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Équation intrinsèque d'une surface.* Note de M. **Bertrand Gambier.**

1. J'ai indiqué très succinctement, d'abord aux *Comptes rendus* (185, 1927, p. 921), puis au *Journal de Mathématiques* (7, 1928, p. 85-91), qu'à une surface quelconque S correspond une équation unique

$$\text{(E)} \qquad \varphi\left(R, \frac{dR}{ds}, \frac{d^2R}{ds^2}, \frac{d^3R}{ds^3}, \frac{d^4R}{ds^4}, T, \frac{dT}{ds}, \frac{d^2T}{ds^2}, \frac{d^3T}{ds^3}\right) = 0$$

jouissant des deux propriétés suivantes :

1° Toute courbe tracée sur S satisfait à l'équation (E), où s est l'arc de la courbe, R le rayon de courbure, T le rayon de torsion;

2° Toute surface S', dont toutes les courbes satisfont à (E), est égale à S.

Cette double propriété justifie bien le nom d'*équation intrinsèque de la surface* S.

Deux géomètres russes, MM. Finikoff et Doubnoff se sont préoccupés du problème inverse : connaissant par un procédé quelconque une équation intrinsèque $\varphi = 0$, remonter de φ à la surface S correspondante. Le premier

([1]) *Philosophical Transactions*, 186, 1895, p. 343-414.

géomètre a rédigé une note aux *Comptes rendus* (¹) et tous deux m'ont ensuite communiqué par lettre une remarque simple que l'on peut formuler ainsi : l'équation (E) peut être étudiée, *non plus à titre d'équation intrinsèque de la surface, mais à titre d'équation différentielle de courbes gauches*. Mais alors les courbes solutions de (E) se séparent en deux classes : d'abord celles Γ qui sont susceptibles de se loger sur la surface S, puis celles Γ_1 ayant, en chacun de leurs points, un contact d'ordre six avec une certaine surface S' égale à S. Ces courbes Γ_1 sont solutions singulières de l'équation (E). Un exemple simple rend ces résultats intuitifs.

L'équation (E) obtenue plus haut est celle qui correspond au cas le plus général; si la surface S admet ∞^1 superpositions avec elle-même (surfaces de révolution, hélicoïdales ou cylindriques), ∞^2 (cylindre de révolution), ∞^3 (sphère) l'ordre différentiel de (E) s'abaisse de 1, 2, 3 unités. Pour la sphère de rayon a, l'équation intrinsèque (E_1) est $R^2+T^2\left(\frac{dR}{ds}\right)^2=a^2$.

Les courbes Γ sont alors les courbes les plus générales d'une sphère de rayon a; les courbes Γ_1 sont les courbes dont le rayon de courbure est constant, égal à a; elles ont en commun avec chacune de leurs sphères osculatrices, toutes égales, quatre points réunis au point d'osculation [l'abaissement de l'ordre différentiel de (E) entraîne le même abaissement pour l'ordre du contact]. Une autre remarque simple rend compte, tout au moins pour ce cas particulier, du caractère *singulier* des courbes à courbure constante. *L'équation différentielle intrinsèque de la courbe sphérique générale* (*sans préciser le rayon de la sphère*) s'obtient manifestement en dérivant (E_1) et supprimant le facteur $\frac{dR}{ds}$, d'où l'équation (e_1), $R+T\frac{d}{ds}T\left(\frac{dR}{ds}\right)=0$.

Pour (e_1), c'est un progrès d'obtenir l'intégrale première (E_1), mais l'obtention de E_1 a introduit la solution étrangère, $R=\text{const}$.

2. Je signale une démonstration très simple du fait que (E_1) caractérise bien une sphère de rayon a : les sections planes de la surface s'obtiennent en supposant $T=\infty$, d'où $R=\text{const.}$; ce sont donc des cercles. Soit donc un point *arbitraire* M de S, menons la normale MN en M à S et dans chaque plan pivotant autour de MN marquons le cercle de courbure de la section plane normale correspondante; ce cercle coïncide avec la section plane, donc la surface S coïncide avec le lieu de ces cercles; M étant arbitraire, ce lieu est, comme l'on sait, soit une certaine surface cerclée algébrique de degré 4, soit une sphère. Cette dernière hypothèse est seule admissible ici.

(¹) *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 825.

Il est bien clair que le retour de (E) à la surface S correspondante n'est pas aussi simple dans le cas général. M. Cartan a bien voulu m'indiquer que ce problème se rattache au problème général qu'il a traité dans son Mémoire sur l'équivalence absolue de certains systèmes d'équations différentielles et sur certaines familles de courbes (¹); les méthodes de M. Cartan conduiraient aussi à reconnaître les conditions nécessaires que pour que la fonction Φ des neuf arguments $R, \frac{dR}{ds}, \ldots, \frac{d^3T}{ds^3}$ soit bien le premier membre d'une équation intrinsèque, ou à trouver *a priori* les équations entre ces arguments, correspondant aux géodésiques, etc.

3. Réunissant les équations intrinsèques de deux surfaces S et S_1, le système obtenu $\Phi = 0$, $\Phi_1 = 0$ définit intrinsèquement les ∞^6 sections de S par les diverses surfaces égales à S_1 (sans compter des solutions singulières pour la même raison que précédemment). Mais alors si S_1 est elle-même égale à S, nous ne pouvons plus raisonner ainsi; commençons par supposer que S_1 est semblable à S; l'équation Φ_1 devient

$$(E_\alpha) \qquad \Phi\left[\frac{R_0}{1+\alpha}, R_1, (1+\alpha)R_2, (1+\alpha)^2R_3, (1+\alpha)^3R_4, \frac{T_0}{1+\alpha}, T_1, (1+\alpha)T_2, (1+\alpha)^2T_3\right] = 0$$

en appelant R_i ou T_i les dérivées d'ordre i de R et T par rapport à s; en prenant les solutions communes à E et E_α, puis faisant tendre α vers zéro, on obtient le système limite

$$\Phi[R_0, R_1, R_2, R_3, R_4; T_0, T_1, T_2, T_3] = 0$$

$$-R_0\frac{\partial\Phi}{\partial R_0} + R_2\frac{\partial\Phi}{\partial R_2} + 2R_3\frac{\partial\Phi}{\partial R_3} + 3R_4\frac{\partial\Phi}{\partial R_4} - T_0\frac{\partial\Phi}{\partial T_0} + T_2\frac{\partial\Phi}{\partial T_2} + 2T_3\frac{\partial\Phi}{\partial T_3} = 0.$$

4. Soit une famille de surfaces S dépendant de p paramètres de *grandeur*: l'équation $\Phi = 0$ renferme p constantes arbitraires que l'on pourra éliminer entre les équations $\Phi = 0, \frac{d\Phi}{ds} = 0, \ldots, \frac{d^p\Phi}{ds^p} = 0$ de façon à obtenir l'équation intrinsèque de la famille de surfaces. L'exemple des sphères montre que, souvent, les courbes solutions de cette équation, étudiée cette fois, comme équation de courbe, ne seront plus des solutions étrangères et seront susceptibles d'être logées sur une surface de la famille.

(¹) *Bulletin de la Société mathématique*, **42**, 1914, p. 12-48.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la meilleure approximation des fonctions mesurables et bornées à l'aide des polynomes ou des sommes trigonométriques limitées.* Note de M. **Jacques Chokhate**, transmise par M. Paul Appell.

La notion du « polynome de la meilleure approximation » (au sens de Tchebycheff) d'une fonction continue dans un intervalle fini peut s'étendre, et cela de deux manières différentes, au cas plus général de fonctions mesurables et bornées comme il suit.

Soit donnée dans un intervalle (a, b) (nous ne considérons ici que des *intervalles finis*) une fonction mesurable et bornée $f(x)$. On démontre l'existence de *deux espèces de polynomes de degré* $\leqq n$, *de la meilleure approximation de* $f(x)$ *dans* (a, b), — nous les désignons par $\Pi_n^\alpha(x)$, $\Pi_n^\beta(x)$ — ayant les propriétés suivantes :

$E_n^\alpha(f) =$ *borne supérieure de* $|f(x) - \Pi_n^\alpha(x)|$ *et* $E_n^\beta(f) =$ *borne supérieure mesurable de* $|f(x) - \Pi_n^\beta(x)|$ *dans* (a, b) *est, l'une et l'autre, la plus petite possible, parmi toutes les expressions analogues formées à l'aide des polynomes de degré* $\leqq n$.

Nous avons utilisé ci-dessus la définition de M. C. Haskins [1] : « borne supérieure mesurable » d'une fonction $\varphi(x)$, mesurable et bornée dans (a, b), est un nombre Φ tel que, pour $a \leqq x \leqq b$,

$$m\mathrm{E}[f(x) \geqq \Phi - \varepsilon] > 0, \qquad m\mathrm{E}[f(x) \geqq \Phi + \varepsilon] = 0 \qquad (\varepsilon > 0 \text{ arbitraire}).$$

On trouve la notion du polynome $\Pi_n^\alpha(x)$ dans la Thèse de M. P. Kirchberger [2]. Le polynome de la meilleure approximation $\Pi_n^\beta(x)$, dont la notion nous paraît nouvelle, est le plus important, comme le montrent les propositions suivantes.

Théorème. — *Une seule au moins discontinuité de* $f(x)$ *dans* (a, b) *entraîne* $\lim_{n\to\infty} E_n^\alpha(f) > 0$, *tandis que* $\lim_{n\to\infty} E_n^\beta(f) = 0$, *quelle que soit* $f(x)$ *mesurable et bornée dans* (a, b).

---

(1) C. N. Haskins, *On the measurable bounds and the distribution of functional values of summable functions* [*Transactions of the American Mathematical Society*, 17, 1916 (181-194), p. 184].

(2) P. Kirchberger, *Ueber Tchebycheffsche Annäherungsmethoden* [*Mathematische Annalen*, 57, 1903 (509-540), p. 511-512].

THÉORÈME. — *Soient données, dans* (a, b), *deux fonctions* $f(x)$ *et* $p(x)$, *dont la première est mesurable et bornée, la seconde est non négative et* (L) *intégrable avec* $\int_E p(x)\,dx > 0$, E *désignant un ensemble arbitraire des points dans* (a, b) *avec* $mE > 0$. *Envisageons le polynome* $P_{nm}(x)$ $(m > 1)$, *qui, parmi tous les polynomes de degré* $\leqq n$, *rend minima l'intégrale*

$$I_{nm} = \int_a^b p(x)\,|f(x) - P_{nm}(x)|^m\,dx.$$

Faisons tendre m vers infini suivant une loi quelconque, n étant fixe. Alors: 1° *les polynomes de la meilleure approximation* $\Pi_n^\beta(x)$ *constituent, dans leur ensemble, tous les polynomes limites de l'ensemble* $\{P_{nm}(x)\}$; 2° $\lim\limits_{m\to\infty} I_{nm}^{\frac{1}{m}} = E_n^\beta(f)$.

Or, dans le cas de $f(x)$ *continue dans* (a, b), il y a un *polynome unique* de la meilleure approximation $\Pi_n(x) \equiv \Pi_n^\alpha(x) \equiv \Pi_n^\beta(x)$, avec $E_n^\alpha(f) = E_n^\beta(f)$, et nous obtenons ainsi des résultats supplémentaires et généralisant ceux de M. G. Pólya [1] et de l'auteur [2].

La démonstration de cet énoncé est basée sur la proposition suivante :

THÉORÈME. — $f(x)$ *étant mesurable et bornée dans* (a, b), *on a*

$$\lim_{m\to\infty} \sqrt[m]{\int_a^b p(x)\,|f(x)|^m\,dx} = \textit{borne supérieure mesurable de } |f(x)| \textit{ dans } (a, b),$$

$p(x)$ *étant donnée dans l'énoncé précédent* [2].

Des résultats analogues subsistent pour l'approximation trigonométrique.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur un nombre infini de dimensions inférieur à celui de l'espace de M. Hilbert.* Note de M. **R. KUNUGUI**, présentée par M. Hadamard.

Existe-t-il des espaces dont les types de dimensions sont infinis et inférieurs à celui de l'espace (Ω) de M. Hilbert ? C'est une question que M. Fré-

---

(1) G. PÓLYA, *Sur un algorithme toujours convergent* (*Comptes rendus*, 157, 1913, p. 840-843). — J. SHOHAT, *On the polynomial of the best approximation* [*Bulletin of the American Mathematical Society*, 29, 1925 (509-514), p. 511-512].

(2) *Loc. cit.*, p. 188 [note (1) de la page 875].

chet a proposée dans son livre « *Les espaces abstraits* (1928, p. 95). Là, M. Fréchet a supposé que l'on peut répondre oui, et il a cité, pour exemples, divers espaces que je rappellerai ci-dessous. Le but de cette Note est d'en donner une preuve rigoureuse.

Tout d'abord, rappelons ce que l'on entend par l'égalité $dE = dF$ et l'inégalité $dE < dF$ entre deux types de dimensions des espaces E et F. On dit que $dE = dF$, quand il est possible d'établir une homéomorphie entre E et une partie de F, et une homéomorphie entre F et une partie de E. De même, on a $dE < dF$ s'il existe une homéomorphie entre E et une partie de F, mais aucune entre F et une partie de E (une partie d'un ensemble peut coïncider avec cet ensemble).

Alors les points x de l'espace (Ω) de M. Hilbert tels que

$$(x_1, x_2, x_3, \ldots, x_n, 0, 0, 0, \ldots)$$

forment un ensemble R_n qu'on peut considérer comme un espace cartésien à n dimensions. Si l'on réunit tous ces ensembles, on aura *une partie* (ω) *de l'espace* (Ω). Bien entendu, $d\omega > dR_n (n = 1, 2, 3, \ldots)$, mais en outre je vais établir que $d\omega < d\Omega$.

L'espace polynomial (P) (¹) est un ensemble de tous les polynomes à coefficients réels. Nous y considérons qu'une suite d'éléments Q_1, Q_2, Q_3, ... tend vers une limite Q, lorsque $Q_n(x)$ converge vers $Q(x)$ uniformément dans tout intervalle fini de x. Nous allons prouver que *le type de dimension* dP qui est aussi infini *est plus petit que* $d\Omega$.

Les points de l'espace E_ω (²) de M. Fréchet sont déterminés par une suite infinie de coordonnées, et la distance entre deux points $X = (x_1, x_2, x_3, \ldots)$ et $Y = (y_1, y_2, y_3, \ldots)$ par

$$(X, Y) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n!} \frac{|x_n - y_n|}{1 + |x_n - y_n|},$$

On a $dE_\omega = d\Omega$ (³).

Les points qui ont leurs coordonnées toutes nulles à partir d'un certain rang (éventuellement variable avec ce point) forment une partie de E_ω, que M. Fréchet a désignée par *l'espace* (R) (⁴). Celui-ci a aussi un type infini de dimensions, *qui est* $< d\Omega$.

(¹) FRÉCHET, *Les espaces abstraits*, p. 78.

(²) FRÉCHET, *loc. cit.*, p. 81; *Sur quelques points du Calcul fonctionnel* (*Rend. Circ. Mat. Palermo*, 22, 1906, p. 38).

(³) M. FRÉCHET, *loc. cit.*, p. 84; *Sur la notion de nombre de dimensions* (*Comptes rendus*, 178, 1924, p. 1782).

(⁴) M. FRÉCHET, *loc. cit.*, p. 74.

Je vais prouver d'abord que $dR < dE_\omega$.

Voici la méthode de démonstration dont les détails seront publiés dans un autre recueil. On suppose d'abord qu'il existe au moins une homéomorphie entre E_ω et une partie de R. D'après cette hypothèse nous construisons une suite de sphères $\{E_n\}$, $\varepsilon_1 \supset \varepsilon_2 \supset \varepsilon_3 \supset \ldots \supset \varepsilon_n \supset \ldots$ dans E_ω, dont les diamètres tendent vers zéro, et dont les images $\{E_n\}$ sont contenues dans $\{E^{(n)}\}$, parties de R satisfaisant à la condition suivante : il y a une suite de rangs $\nu_1 < \nu_2 < \nu_3 < \ldots < \nu_n < \ldots$ et une suite de nombres positifs $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3, \ldots, \varepsilon_n, \ldots$, telles que tous les points de $E^{(n)}$ ont leur $\nu_n^{\text{ième}}$ coordonnée de module plus grand que ε_n. C'est pourquoi, toute la suite de points, tirés un à la fois de $\{\varepsilon_n\}$, est convergente, mais la suite de ses images est divergente dans R. C. Q. F. D.

De la même manière, nous pouvons démontrer un théorème : soit E un espace quelconque qui permet une correspondance biunivoque entre lui et R, telle que la transformation $R = \mathfrak{F}(E)$ de E en R est continue dans chaque R'_n. (R'_n est un ensemble de tous les points de R dont toutes les coordonnées sont zéros à partir du rang $n+1$); pour un tel espace E, il n'y a aucune homéomorphie entre E_ω et une partie de E.

Il est très facile de trouver une telle transformation $\mathfrak{F}$ entre (P) et (R), ou entre (ω) et R. D'autre part, on a $dP \leqq dE_\omega$ et $d\omega \leqq dE_\omega$. Cela veut dire que $dP < dE_\omega$ et $d\omega < d\Omega$,

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les fonctions éventuelles continues, intégrables et dérivables dans le sens stochastique.* Note de M. **Eugène Slutsky**.

1. Soit qu'à tout nombre réel t compris entre a et b correspond une variable éventuelle $\mathfrak{X}_t$. Nous supposons qu'il est possible de faire une expérience équivalente à un ensemble des épreuves dont chacune soit effectuée sur chacune de ces variables ($\mathfrak{X}_t$) une et seulement une fois. Les valeurs éventuelles effectivement obtenues (x_t) constitueront alors une *fonction éventuelle* définie dans l'intervalle (a, b). Elle est *régulière* jusqu'à l'ordre 2 au moins, si les espérances mathématiques Ex_t, Ex_t^2 et $Ex_t x_{t+\Delta t}$ sont des fonctions continues de t et de Δt respectivement dans tous les points de l'intervalle (a, b). Elle est *homogène* (jusqu'à l'ordre 2 au moins) si, en outre, Ex_t et Ex_t^2 étant constants, $Ex_t x_{t-\Delta t}$ ne dépend que de Δt. On peut généraliser ces définitions sur les fonctions éventuelles de plusieurs variables.

2. Pour en avoir un exemple, imaginons-nous une suite illimitée des systèmes des points $(t_{k,i})$ celles du système $k(t_{k,1}, t_{k,2}, \ldots, t_{k,m_k})$ divisant l'intervalle (a, b) en m_k parties égales à h_k. Supposons que $h_1 > h_2 > \ldots$ et que h_k tend vers zéro quand k croît indéfiniment. Soit ensuite qu'à chaque point est associée une valeur éventuelle $(\xi_{k,i})$ par exemple, le nombre désigné par le chiffre, qui se trouve à la place bien définie de l'expression décimale d'un nombre irrationnel. Soient $f_1(t)$, $f_2(t)$, ... des fonctions continues, positives dans les intervalles

$$(-a_1 h_1, a_1 h_1), \quad (-a_2 h_2, a_2 h_2), \quad \ldots,$$

et o partout ailleurs. Nous supposons que les espérances mathématiques $E\xi_{k,i}$ et $E(\xi_{k,i} - E\xi_{k,i})^2$ ainsi que les nombres positifs $a_1, a_2, \ldots,$ et les valeurs extrémales de $f_1(t)$, $f_2(t)$, ... ont des bornes supérieures et que tous $\xi_{k,i}$ sont indépendants dans le sens stochastique. Cela posé, nous pouvons définir une fonction éventuelle en écrivant $x_t = u_1(t) + u_2(t) + \ldots$, où

$$u_k(t) = \mathfrak{A}_k \sum_{i=1}^{m_k} \xi_{k,i} f_k(t_{k,i} - t),$$

et où les nombres positifs A_1, A_2, ... sont les termes d'une série convergente quelconque.

En effet il est aisé de voir que les séries $Eu_1(t) + Eu_2(t) + \ldots$ et $E[u_1(t) - Eu_1(t)]^2 + E[u_2(t) - Eu_2(t)]^2 + \ldots$ se convergent et que par conséquent, en vertu d'un théorème de MM. A. Khintchine et A. Kolmogoroff (*Rec. Math.*, 32, 4, Moscou, 1925), la série $u_1(t) + u_2(t) + \ldots$ sera aussi convergente presque toujours. Notre fonction éventuelle sera donc définie dans tous les points de l'intervalle donné, exception faite peut-être pour un ensemble de points de mesure nulle. Il est aisé de montrer que, si les valeurs possibles de $\xi_{k,i}$ ont une borne supérieure, x_t sera continu, mais que dans le cas contraire cette fonction peut être discontinue partout.

3. La fonction éventuelle x_t étant régulière de l'ordre 2 au moins, il est aisé de montrer que $E(x_t - x_{t+\Delta t})$ et $E(x_t - x_{t+\Delta t})^2$ tendent vers o en même temps que Δt. Par suite, d'après un théorème de Markoff, la probabilité que x_t et $x_{t+\Delta t}$ ne différeront plus que d'une valeur arbitrairement petite aura pour limite 1 pourvu que Δt tende vers o. C'est ce que je propose d'appeler la *continuité stochastique*.

4. Supposons que l'intervalle (a, b) est décomposé en un certain nombre d'intervalles partiels (h_i) ayant une borne supérieure h et soient x'_1, x'_2, ..

les valeurs de x_t prises au hasard dans les intervalles partiels respectifs. Posons $\mathfrak{S}_h = \sum_{a,b} h_i x'_i$. En décomposant ensuite le même intervalle autrement, désignons par $k_i (i = 1, 2, \ldots)$ les longueurs des intervalles partiels, dont la borne supérieuse soit $k \leqq h$. On obtient alors une somme $\mathfrak{S}_k = \sum_{a,b} k_i x''_i$ et l'on peut montrer que, la fonction éventuelle étant régulière de l'ordre 2 au moins, les espérances mathématiques $E(\mathfrak{S}_h - \mathfrak{S}_k)$ et $E(\mathfrak{S}_h - \mathfrak{S}_k)^2$ tendent vers zéro en même temps que h. En appliquant donc le théorème que j'ai établi dans ma Note précédente (*Comptes rendus*, 187, 1928, p. 370) on voit que, la probabilité o négligée, il existera un nombre qui sera la limite stochastique de $\mathfrak{S}_h$, lorsque h tend vers o. On peut donc définir ce nombre comme l'intégrale stochastique de la variable éventuelle.

$$\lim_{\substack{\mathrm{B} \\ h \to 0}} \sum_{a,b} h_i x'_i = (\mathrm{S}) \int_a^b x_t \, dt, \tag{1}$$

en désignant par $\lim_{\mathrm{B}}$ la limite bernoullienne (ou stochastique) (*Metron*, 5, 1925, p. 3) et par la lettre (S) devant le signe d'intégrale l'intégrale stochastique.

5. Soit $\varphi_h = (x_{t+h} - x_t)/h$ et $\varphi_k = (x_{t+k} - x_t)/k$ $(0 < k < h)$. Si

$$\lim E(\varphi_h - \varphi_k) = 0 \qquad \text{et} \qquad \lim E(\varphi_h - \varphi_k)^2 = 0 \qquad (h \to 0),$$

il s'ensuit, d'après le même critérium de convergence, qu'il existera presque toujours un nombre qui est la limite stochastique de φ_h lorsque h tend vers zéro. On peut donc définir ce nombre comme la *dérivée stochastique* et écrire

$$\lim_{\mathrm{B}} \frac{x_{t+h} - x_t}{h} = (\mathrm{S}) \frac{dx_t}{dt}. \tag{2}$$

Supposons que, Ex_t possédant une dérivée, $E(x_t - Ex_t)^2$ soit constant et que le coefficient de corrélation entre x_t et x_{t+h} ne dépendant que de h soit développable dans la série de Taylor. Alors il est aisé de montrer que l'existence de la dérivée stochastique dépendra de la condition $\left(\frac{dr_h}{dh}\right)_{h=0} = 0$. Cette dérivée existera, par exemple, si $r_h = e^{-h^2/2g^2}$ et elle n'existera pas si $r_h = e^{-kh}$.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur une propriété générale des coefficients de Fourier des fonctions sommables.* Note de M. **Raphaël Salem**, présentée par M. Hadamard.

1. Soit $f(x)$ une fonction sommable [1] de période 2π; soient a_n, b_n ses coefficients de Fourier ($a_0 = 0$). Soit $\varphi(x)$ une fonction à variation bornée, de période 2π, α_n et β_n ses coefficients de Fourier, α_0 étant essentiellement nul. $f(x)\varphi(x)$ est sommable, et l'on a

$$\int_{-\pi}^{+\pi} f(x)\varphi(x)\,dx = \pi\sum_{n=1}^{\infty}(a_n\alpha_n + b_n\beta_n),$$

la série du second membre étant convergente [2].

μ étant un paramètre, considérons la fonction égale à $\varphi(\mu x)$ pour $-\pi \leqq x < \pi$, et définie partout ailleurs par la condition d'admettre la période 2π. $\alpha_n(\mu)$, $\beta_n(\mu)$ étant les coefficients de Fourier de cette fonction, on a

$$(1) \qquad \int_{-\pi}^{+\pi} f(x)\varphi(\mu x)\,dx = \pi\sum_{n=1}^{\infty}[a_n\alpha_n(\mu) + b_n\beta_n(\mu)].$$

Si μ croît indéfiniment, $\varphi(\mu x)$ reste uniformément bornée; d'autre part, p et q étant quelconques dans $(-\pi, +\pi)$, l'intégrale

$$\int_{p}^{q}\varphi(\mu x)\,dx = \frac{1}{\mu}\int_{p\mu}^{q\mu}\varphi(y)\,dy$$

tend vers zéro avec $\frac{1}{\mu}$, α_0 étant nul. On en conclut [3] que l'intégrale de (1) tend vers zéro, d'où

$$(2) \qquad \lim_{\mu=\infty}\sum_{n=1}^{\infty}[a_n\alpha_n(\mu) + b_n\beta_n(\mu)] = 0.$$

Si μ est entier positif, on trouve facilement $\alpha_n(\mu) = \alpha_k$ et $\beta_n(\mu) = \beta_k$ quand $n = k\mu$; si n n'est pas multiple de μ, $\alpha_n(\mu)$ et $\beta_n(\mu)$ sont nuls. Donc,

---

(1) Au sens de M. Lebesgue. Toutes nos intégrales s'entendent en ce sens.

(2) Cf. W. H. Young, *Proceedings London Math. Soc.*, **9**, II, 1910-1911, p. 454. En se basant sur le théorème de M. Lebesgue cité plus bas, on pourrait supposer seulement que les sommes partielles de la série de Fourier de φ sont uniformément bornées, sans supposer φ à variation bornée.

(3) Cf. Lebesgue, *Annales de la Fac. des Sc. de Toulouse*, 3e série, **1**, 1909, p. 52.

quand μ croît par valeurs entières :

$$\lim_{\mu=\infty} \sum_{k=1}^{\infty} [a_{k\mu}\alpha_k + b_{k\mu}\beta_k] = 0.$$

2. μ n'étant pas entier, prenons $\varphi(\mu x) = \cos \mu x$. On trouve alors

$$(3) \qquad \int_{-\pi}^{+\pi} f(x) \cos \mu x \, dx = 2\mu \sin \mu\pi \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n a_n}{\mu^2 - n^2}$$

et de même, en faisant $\varphi(\mu x) = \sin \mu x$,

$$(4) \qquad \int_{-\pi}^{+\pi} f(x) \sin \mu x \, dx = 2 \sin \mu\pi \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n n b_n}{\mu^2 - n^2}.$$

Les seconds membres de (3) et (4) tendent vers zéro si μ croît indéfiniment sans prendre de valeurs entières. Si, de plus, μ croît de façon que sa partie fractionnaire n'ait ni 0 ni 1 comme point d'accumulation, on aura

$$\lim_{\mu=\infty} \mu \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n a_n}{\mu^2 - n^2} = 0, \qquad \lim_{\mu=\infty} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n n b_n}{\mu^2 - n^2} = 0.$$

Ces conditions sont *nécessaires* pour que les constantes a_n, b_n puissent être les coefficients de Fourier d'une fonction sommable.

Si, au lieu de considérer $f(x)$, on considère $f(x + \pi + u)$, on obtient

$$(5) \qquad \lim_{\mu=\infty} \mu \sum_{n=1}^{\infty} \frac{a_n \cos nu + b_n \sin nu}{\mu^2 - n^2} = \lim_{\mu=\infty} \sum_{n=1}^{\infty} n \frac{b_n \cos nu - a_n \sin nu}{\mu^2 - n^2} = 0,$$

et cela uniformément quel que soit u, les intégrales

$$\int_p^q f(x) \cos \mu x \, dx, \qquad \int_p^q f(x) \sin \mu x \, dx$$

tendant uniformément vers zéro avec $\frac{1}{\mu}$, quels que soient p et q variant dans un intervalle *fini* [1].

3. Comme application, je prends une série de cosinus à coefficients *positifs, non croissants* ($a_{n+1} \leqq a_n$), a_n tendant vers zéro. Soit

$$(6) \qquad F(x) = a_1 \cos x + a_2 \cos 2x + \ldots + a_n \cos nx + \ldots;$$

cette série converge partout sauf peut-être à l'origine. Si $F(x)$ est sommable, on sait que les a_n sont ses coefficients de Fourier : il est donc néces-

(1) La formule (2) pourrait être généralisée de la même manière.

saire, d'après (5), que

$$\lim_{\mu=\infty} \mu \sum_{n=1}^{\infty} \frac{a_n}{\mu^2 - n^2} = 0,$$

quand μ croît de la façon indiquée plus haut. Faisons $\mu = p + \frac{1}{2}$, p étant entier. On devra avoir

$$\lim_{p=\infty} p \sum_{n=1}^{\infty} \frac{a_n}{(2p+1)^2 - 4n^2} = 0.$$

En se basant sur la non-croissance des a_n, on montre que cette condition exige que $(a_n - a_{n+1}) \log n$ tende vers zéro avec $\frac{1}{n}$. Si donc on prend, par exemple, $a_n = \frac{1}{m}$ pour tous les rangs n depuis $2^{(m-1)^2}$ jusqu'à $2^{m^2} - 1$, $F(x)$ n'est pas sommable et la série (6) n'est pas une série de Fourier (¹).

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les zéros des fonctions entières.* Note de M. **Alex. Froda**, présentée par M. Émile Borel.

Dans ce qui suit, nous allons mettre en évidence une formule unique (I) représentant l'ensemble des zéros de toute fonction entière $f(z)$, en fonction d'un paramètre h et des coefficients du développement de $f(z)$ dans le domaine de l'origine.

Soit

$$f(z) = a_0 + a_1 z + a_2 z^2 + \ldots + a_n z^n + \ldots$$

la fonction entière développée en série de Taylor et soient $z_1, z_2, \ldots$ ses zéros simples ou multiples, lorsqu'ils existent. Posons

$$\frac{1}{f(z'+h)} = \sum_{p=0}^{+\infty} b_p z'^p.$$

(¹) M. Szidon (*Math. Zeitschr.*, **10**, 1921, p. 121) a montré qu'il existait des séries de la forme (6) représentant des fonctions non sommables, mais il n'a pas formé de pareilles séries. L'exemple ci-dessus peut se rattacher aux séries de Fourier de certaines fonctions continues, divergentes en un point, imaginées par M. Fejér. Les séries (6) sont toujours intégrables au sens de Riemann; quand elles ne sont pas des séries de Fourier, elles sont donc des séries de Fourier généralisées (Lebesgue).

Si l'inégalité $|z'_r| < |z'_s|$ est satisfaite, quel que soit $s \neq r$, il résulte

$$z'_r = \lim_{p=\infty} \frac{b_p}{b_{p-1}} \quad (^1).$$

Donc

$$z_r = \lim_{p=\infty} Z_p(h) \qquad \text{si} \qquad Z_p(h) = h + \frac{b_p}{b_{p-1}}.$$

On calcule $Z_p(h)$ à l'aide de

$$c_0 = a_0 - \sum_{k=1}^{+\infty} a_k h^k, \qquad c_q = \sum_{k=0}^{+\infty} \frac{(q+k)!}{q!\,k!} a_{q+k} h^k \quad (q \geqq 1)$$

et

$$b_p = \sum_{(p)} \frac{(\alpha_1 + \alpha_2 + \ldots \alpha_p)!}{\alpha_1!\,\alpha_2!\ldots\alpha_p!} \left(\frac{c_1}{c_0}\right)^{\alpha_1} \left(\frac{c_2}{c_0}\right)^{\alpha_2} \cdots \left(\frac{c_p}{c_0}\right)^{\alpha_p},$$

où la somme $\sum_{(p)}$ est étendue à toutes les valeurs entières, non négatives, satisfaisant l'égalité $\alpha_1 + 2\alpha_2 + \ldots + p\alpha_p = p$. Considérons les affixes des quantités $h, z_1, z_2, \ldots, z_r, \ldots$ et recherchons l'ensemble D_r des points du plan, tels que la distance de h à z_r soit inférieure aux distances de h à chaque z_s pour $r \neq s$. Pour chaque r, D_r est un domaine ouvert, connexe, délimité par des segments, appartenant aux droites indéfinies $|z'_r| = |z'_s|$. Si D_r est borné, c'est l'intérieur d'un polygone proprement dit. Sinon, c'est l'intérieur d'une figure polygonale, qui contient le point à l'infini et peut avoir un nombre fini ou une infinité dénombrable de côtés. L'ensemble des D_r, frontières comprises, couvre le plan entier.

L'expression unique (I) $\lim_{p=0} Z_p(h)$ a un sens et représente chaque zéro z_r de $f(z)$ pour tout h appartenant à D_r et cela quel que soit r.

La convergence cesse, en général, sur les frontières des D_r, qui sont des lignes singulières, pour la formule (I). Les $Z_p(h)$ sont des fonctions rationnelles ou méromorphes de h, selon que $f(z)$ est algébrique ou transcendante.

Il est intéressant de constater que l'expression unique (I) donne explicitement l'ensemble des racines de l'équation générale algébrique de degré n, en fonction des coefficients et d'un paramètre arbitraire h, variable dans tout le plan, sauf sur l'ensemble frontière des D_r, qui est de mesure superficielle nulle. Pour h quelconque, l'expression (I) donne l'ensemble des racines

(1) Cf. Émile Borel, *Leçons sur les fonctions méromorphes*, 1903, p. 23 et 29.

de $f(z) = 0$, avec une probabilité égale à l'unité. Même conclusion valable dans le cas général.

Remarquons enfin, qu'on peut représenter d'une manière analogue les zéros z_r d'un polynome de degré n par l'expression

$$\lim_{p=\infty} Z_p(h), \qquad \text{où} \qquad Z_p(h) = \frac{\sum_{r=1}^{n} z_r(z_r+h)^p}{\sum_{r=1}^{n} (z_r+h)^p},$$

qu'on peut présenter sans difficulté en fonction explicite de h et des coefficients et qui est valable dans les domaines ouverts, non bornés, Δ_r, définis, comme plus haut, dans le plan de h par les inégalités $|z'_r| > |z'_s|$, pour tout $s \neq r$.

INSTRUMENTS DE PHYSIQUE. — *L'étanchéité des niveaux sphériques à bulle.* Note de MM. **Armand de Gramont** et **Georges Mabboux**, présentée par M. Ch. Fabry.

Nous avons dans une Note précédente (1) indiqué divers procédés permettant d'illuminer la bulle d'un niveau sphérique en l'éclairant par-dessus ou par-dessous, au moyen d'une source de lumière artificielle ou par la lumière du jour. Une antériorité nous a été signalée depuis relative au dispositif reproduit sur la figure 1 de ladite Note. M. A. Benoit a construit en 1917 un niveau dont le barillet métallique joue le même rôle que notre tore de verre.

Par ailleurs, comme nous l'avons fait remarquer, le diamètre de la bulle doit avoir une valeur déterminée, notamment pour les visées sur un astre. Mais le diamètre de la bulle change par suite des variations de température qui se traduisent par une augmentation ou une diminution de volume du liquide aux dépens de la bulle. Si, d'autre part, le niveau n'est pas étanche, la bulle augmente de diamètre. Pour obvier à ces inconvénients, on peut faire communiquer le niveau avec un réservoir extérieur, dont le volume variable est commandé par un piston plongeur ou un diaphragme. Ce réservoir extérieur est encombrant; nous avons tenté de le remplacer par

(1) *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 217.

un barillet légèrement élastique qui peut être déformé au moyen d'un contre-barillet fileté. L'action de ce contre-barillet doit être limitée à la compensation des effets thermiques; pour qu'il en soit ainsi le niveau doit être réellement étanche.

Les seuls niveaux qui, jusqu'ici, nous aient paru réaliser parfaitement cette condition étaient formés de deux éléments de verre soudés l'un à l'autre. L'élévation de température nécessaire à la soudure altère les surfaces de ces niveaux et les rend inaptes à des opérations géodésiques.

Nous avons ainsi été amenés à fixer les deux lentilles du niveau sur un barillet métallique ayant même coefficient de dilatation que le verre (le Dilver en l'occurrence) et à employer un ciment rigide, comme la bakélite; n'ayant pas à redouter les effets de dilatation thermique, on peut en effet renoncer aux ciments à base de caoutchouc.

La bakélite nécessite une cuisson prolongée sous pression. Celle-ci terminée, le niveau est étanche; nous en avons maintenu certains pendant plusieurs semaines sous la cloche à vide, sans variation permanente du diamètre de la bulle.

MAGNÉTISME. — *Sur le magnétisme de la zircone hydratée.* Note (¹) de M. F. **Bourion** et Mlle O. **Hun**, transmise par M. G. Urbain.

Afin de voir si la zircone hydratée était constituée par une combinaison de l'eau avec l'oxyde O^2Zr, et si le zirconium se comportait à cet égard, comme le silicium, élément voisin, nous avons fait une étude magnétique de la zircone hydratée. Des recherches comparables avaient été faites antérieurement par Mlle S. Veil (²), sur des mélanges d'oxydes, et par M. Pascal (³), sur la silice hydratée.

Si l'on suppose, en effet, que l'oxyde de zirconium et l'eau forment un mélange, la susceptibilité spécifique de l'hydrate doit être une fonction linéaire de la teneur en eau, et les points doivent s'échelonner sur une droite, lorsqu'on trace la courbe proportion d'eau – susceptibilité.

S'il y a combinaison, et si la courbe présente des pointes, celles-ci correspondront, avec une grande vraisemblance, à des combinaisons définies de O^2Zr et de OH^2.

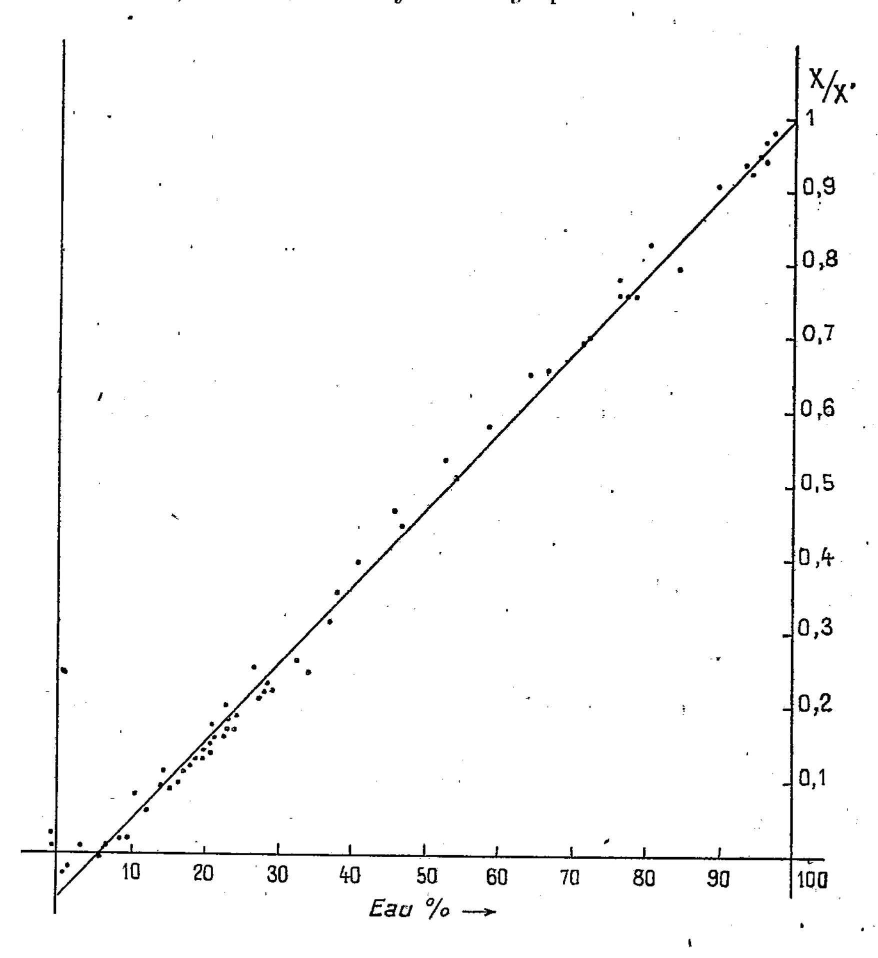
(¹) Séance du 5 novembre 1928.

(²) Mlle S. Veil, *Thèse*, Paris, Gauthier-Villars, 1930.

(³) P. Pascal, *Comptes rendus*, 175, 1922, p. 814.

La zircone a été préparée par l'un de nous, en attaquant les zircons par de la soude fondante et reprenant par ClH dilué, la silice étant éliminée par insolubilisation à 105°, et le fer, en dissolvant Cl^3Fe dans ClH concentré. On transforme ensuite en Cl^4Zr, par action du chlore et du bichlorure de soufre sur O^2Zr. La zircone hydratée est obtenue, en faisant tomber la solution de Cl^4Zr, dans l'ammoniaque en excès. Cette zircone ne renfermait ni fer, ni silice, ni celtium (élément 72), comme l'a montré un examen spectrographique de M. J. Bardet.

Chauffée à 50°, elle donne un hydrate à 95 pour 100 d'eau.



Portée à 65°-70°, on a une déshydratation qui va jusqu'à 65 pour 100 d'eau, puis la substance pulvérisée, maintenue à cette température, fournit une zircone à 15 pour 100 d'eau; à 180°, on arrive à 5 pour 100 d'eau;

à 350°, dans un courant d'air sec, on a une zircone à 1,5 pour 100 d'eau; puis à 500°, la zircone anhydre.

Les mesures magnétiques ont été faites par la balance de Curie et Cheneveau; l'eau fut prise comme substance étalon.

Pour des hydrates à plus de 63 pour 100 d'eau, non pulvérisables, l'analyse a été faite en chauffant le tube de quartz ayant servi à faire la mesure magnétique.

Pour des hydrates de teneur en eau inférieure à 63 pour 100, et supérieure à 5 pour 100, pulvérisables et homogènes, l'analyse et la mesure magnétique furent faites sur des prises distinctes; pour les déterminations magnétiques, on utilisait des tubes de verre; au-dessous de 5 pour 100 d'eau, on revenait aux tubes de silice.

On constate que la susceptibilité est une fonction linéaire de la teneur en eau, car, si l'on trace la courbe $\frac{x}{x'}$ (rapport des susceptibilités de la substance et de l'eau) — teneur en eau, les points se placent, aux erreurs d'expériences près, sur une droite, pour des zircones à plus de 5 pour 100 d'eau.

La zircone hydratée se comporte donc du point de vue magnétique, comme un mélange d'eau, et d'un oxyde hypothétique, O^2Zr, faiblement paramagnétique, dont la susceptibilité calculée par extrapolation, est de l'ordre de $0,4 \times 10^{-7}$, mais que nous n'avons jamais pu réaliser.

Au-dessous de 5 pour 100 d'eau, la susceptibilité n'est plus une fonction linéaire de la teneur en eau. On explique cette anomalie par les modifications que doit éprouver dans le mélange l'oxyde O^2Zr, aux températures plus élevées auxquelles il faut porter l'hydrate, pour obtenir la déshydratation.

La zircone anhydre soumise à une calcination prolongée s'est montrée diamagnétique, sans que nous ayons réussi, toutefois, à atteindre le même magnétisme, pour les diverses zircones.

OPTIQUE. — *Sur l'expression du pouvoir réfringent.*

Note de M. R. de Mallemann, présentée par M. A. Cotton.

Le champ interne dans un *fluide* peut être évalué : 1° par une méthode *directe* ou *moléculaire*, qui fait intervenir la *discontinuité* fine des corps; 2° par une méthode *analytique*, dite des « cavités », qui considère les effets macro-

scopiques moyens comme des fonctions *continues*. Cette seconde méthode est moins satisfaisante que la première; en outre, sa précision et sa portée sont beaucoup plus restreintes, comme je l'ai montré récemment [1]. La méthode moléculaire permet d'exprimer, respectivement, le pouvoir réfringent et le pouvoir rotatoire d'un liquide isotrope en fonction du pouvoir réfringent ou rotatoire du gaz, du diamètre moléculaire, et de la densité du liquide. Je développerai seulement le cas du pouvoir réfringent; celui du liquide sera désigné par $[R]_M$ et celui du gaz par $[R_0]_M$. On a [2]

$$(1) \qquad [R]_M = [R_0]_M \left\{ 1 + N s_1 \frac{[R_0]_M^2}{\sigma^3} + \ldots \right\}, \qquad s_1 = \frac{8\pi}{3}\left(\frac{s_0}{[R_0]_M}\right)^2 = \frac{1}{6\pi\nu^2} \cdots$$

En pratique, on peut d'abord limiter la série au second terme; le « diamètre moléculaire » σ est ainsi calculable en fonction de $[R]_M$ et $[R_0]_M$:

$$\sigma^3 = \frac{1}{6\pi\nu}\frac{d}{M}\frac{[R_0]_M^2}{[R]_M - [R_0]_M}, \qquad N = \nu\frac{d}{M} = 6{,}06.10^{23}\frac{d}{M}.$$

Les valeurs obtenues sont désignées par σ_1. Remarquons que celles-ci doivent être des limites *inférieures*, en raison des termes d'ordre supérieur, négligés dans la série (1). *En première approximation, le pouvoir réfringent* $\frac{M}{d}(n^2 - 1)$ *est donc une fonction linéaire de la densité.* Pour obtenir une expression de la forme usuelle, nous devons résoudre (1) par rapport à d, ce qui revient à remplacer une fois $[R_0]_M$ par $[R]_M$ (à la même approximation) :

$$(2) \qquad [R]_M = [R_0]_M \left\{ 1 + \frac{n^2 - 1}{6\pi\nu\sigma^3}[R_0]_M + \ldots \right\}_d.$$

Cette seconde formule n'est pas équivalente à (1), car la résolution majore le premier terme correctif; la valeur de σ, tirée de (2), sera donc un peu plus grande et probablement plus approchée que la première. La quantité entre parenthèses est bien de la forme $1 + \frac{n^2 - 1}{\alpha}$ ou $\frac{n^2 + (\alpha - 1)}{\alpha}$, α étant un *nombre* pur, déterminé, Quand on calcule σ en remplaçant $[R]_M$ et $[R_0]_M$ par leurs valeurs expérimentales, on trouve, en général, pour $\alpha - 1$ un nombre compris entre 2 et 3, mais souvent très voisin de 2 (c'est le principal succès de la formule de Lorenz-Lorentz). Le tableau suivant

(1) *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 536 et 720.

(2) Ou : $[R]_M = [R_0]_M \{1 + a_1 N + a_2 N^2 \ldots\}$. Mais les coefficients $a_1, \ldots$ ne sont pas les mêmes que ceux de la série (2).

donne quelques résultats :

	$[R]_M$.	$[R_0]_M$.	$\alpha - 1$.	$\sigma_1 10^8$.	$\sigma_2 10^8$.	$\sigma_3 10^8$.
Eau	14,04	11,2	2,0	1,34	1,45	1,62
Sulfure de carbone	99,5	66,1	2,3	2,34	2,69	3,32
Tétrachlorure de carbone	109,4	79,2	2,2	2,46	2,75	3,33

Nous savons que les σ_1 sont certainement par *défaut*. Les σ_3 ont été calculés à partir du nouveau coefficient théorique que j'ai obtenu par la méthode des cavités *modifiée;* d'après ma dernière Note, il doit donner ici des valeurs de σ *par excès*. On remarquera que, dans tous les cas, σ est un peu supérieur au diamètre du *plus grand* atome (¹) ($O = 1,30$, $S = 2,04$, $Cl = 2,10$, Bragg). La méthode moléculaire donne donc comme *première approximation*

$$\frac{M}{d} \frac{n^2-1}{1+\frac{n^2-1}{\alpha}} = [R_0]_M \qquad \text{avec} \qquad \alpha = \frac{6\pi\nu\sigma^3}{[R_0]_M},$$

soit la forme générale des invariants usuels. Elle montre en outre : 1° que la formule de Lorentz est en réalité *empirique;* la valeur de α dépend de la nature des molécules (²); 2° que les formules du type courant ne peuvent être rigoureuses; 3° qu'il est donc vain de vouloir les perfectionner dans le sens suivi jusqu'ici, l'amélioration devant être cherchée dans l'adjonction de termes en $(n^2-1)^2, \ldots$; 4° qu'il serait plus simple de conserver la forme $\frac{n^2-1}{d+a_1 d^2+\ldots}$, $a_1, \ldots$ étant des fonctions calculables de $[R_0]_M$ et de σ. Les mêmes considérations s'appliqueraient au *pouvoir rotatoire* (³) (il suffit, formellement, de remplacer n^2-1 par la rotation ρ); dans le cas des corps *isotropes*, les deux expressions sont indépendantes, ce qui est conforme aux résultats expérimentaux.

(¹) D'ailleurs σ est seulement défini en moyenne, les molécules n'étant pas sphériques.

(²) La plus précise des formules actuelles paraît être celle d'Eykmann, modifiée par M. Henriot, dans laquelle $\alpha = 4,4$; cette formule est intermédiaire entre celles de Lorentz et de Gladstone.

(³) Toutefois le calcul explicite du premier coefficient serait déjà compliqué; on obtiendrait ainsi une seconde série de valeurs de σ, qui, par comparaison avec la première (déduite de $[R]_M$), donnerait peut-être une indication sur la forme des molécules. La même remarque s'applique au liquide rendu *anisotrope;* dans ce cas, les nombres α peuvent être *différents* pour chacun des indices, comme je l'avais déjà indiqué en 1924. Cette idée a été développée récemment par MM. Raman et Krishnan, mais leurs calculs basés sur la méthode *ordinaire* des cavités doivent être repris.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'existence d'une nouvelle catégorie de fluoborates.* Note de MM. **A. Travers** et **Malaprade**, présentée par M. Matignon.

Nous avons montré [1] que l'acide borique et l'acide fluorhydrique réagissaient immédiatement pour donner un acide fluoborique facilement décomposable par les lessives alcalines 0,2 N, tandis que l'acide fluoborique BF^4H, dont les sels sont indécomposables dans les mêmes conditions, ne se formait ensuite que lentement, aux dépens du premier.

L'observation de la réaction de l'acide borique sur le fluorure et sur le fluorhydrate de potassium confirme ces conclusions.

1. *Action de l'acide borique sur le fluorhydrate de fluorure.* — Quand on ajoute à une solution *concentrée* et chaude d'acide borique, *acide à l'hélianthine*, du fluorhydrate de fluorure également *acide à l'hélianthine*, le milieu devient basique à l'hélianthine; il s'est donc produit une réaction de la forme

$$BO^3H^3 + 3HF + nKF = BF^3.nKF + 3H^2O, \qquad (1)$$

qui accroît le pH de la solution par destruction des acides présents; *on n'observe d'autre part aucune précipitation immédiate du fluoborate de potassium* BF^4K.

Si l'on acidifie fortement le milieu, la vitesse de formation de l'acide BF^4H s'accroît notablement, et son sel de potassium très peu soluble précipite. Il en est de même si l'on verse le fluorhydrate dans la solution d'acide borique préalablement additionnée d'un acide fort.

La réaction (1) est réversible : elle rétrograde par dilution; le milieu redevient acide à l'hélianthine.

Les faits précédents permettent de comprendre la nécessité d'une *fusion* alcaline préalable pour doser le fluor dans les fluoborates du type BF^4M, *même dans le cas d'un fluoborate soluble dans l'eau*, comme celui de sodium, par la méthode au fluosilicate, décrite par l'un de nous [2].

Si l'on se contentait de traiter le fluoborate BF^4K par un acide, on formerait principalement l'acide correspondant, stable, et le fluor ne pourrait précipiter sous forme de fluosilicate de potassium. La fusion alcaline (et non les lessives alcalines) détruit complètement l'ion complexe BF^4 et

---

[1] *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 765.

[2] A. Travers, *Comptes rendus*, 173, 1921, p. 836.

permet le dosage ultérieur du fluor. Quand on acidifie la solution de métaborate et fluorure résultant de la dissolution du produit fondu et additionnée de silicate de potasse, tout le fluor passe aussitôt à l'état de fluosilicate de potassium insoluble, puisque le fluoborate qui pourrait se former instantanément n'est pas BF^4K, mais un autre fluoborate beaucoup moins stable, et *soluble dans l'eau.*

2. *Action de l'acide borique sur le fluorure de potassium.* — L'acide borique réagit sur les solutions aqueuses *concentrées* de fluorure de potassium (250^g par litre) neutres à la phénolphtaléine, en libérant de la potasse : l'indicateur vire au rouge. Nous concluons de cette expérience qu'il s'est formé un complexe fluoborique différent du fluoborate BF^4K.

En effet :

a. On n'observe aucun précipité, alors que le sel BF^4K est très peu soluble.

b. Si l'on ajoute de la mannite et qu'on titre par la potasse en présence de phénolphtaléine, le virage a lieu exactement quand on a ajouté une molécule de potasse pour une molécule d'acide borique, cela quel que soit le temps écoulé entre la préparation du mélange et le titrage. On aurait utilisé moins de potasse si l'on avait formé le sel BF^4K, puisqu'il ne réagit pas sur la potasse, même en présence de mannite.

Par contre, la seconde expérience montre que le complexe formé, mis en évidence par le changement d'acidité du milieu, est entièrement décomposable par la potasse.

Abegg et Herz [1], en utilisant une méthode tout à fait différente, concluent également à la formation d'un fluoborate autre que BF^4K.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Au sujet de l'oxydation des hydrocarbures.* Note [2] de MM. **Dumanois** et **Mondain-Monval**, présentée par M. Moureu.

Certaines anomalies dans les moteurs au sujet de l'auto-allumage par un point chaud nous ont conduit à étudier sous pression, et en présence de l'air, entre 0 et 300°, l'oxydation des hydrocarbures avec ou sans plomb tétraéthyle. Les résultats obtenus ci-après sont relatifs à du pentane de caractéristiques suivantes : point d'ébullition sous 739^{mm} : 35°,5; densité

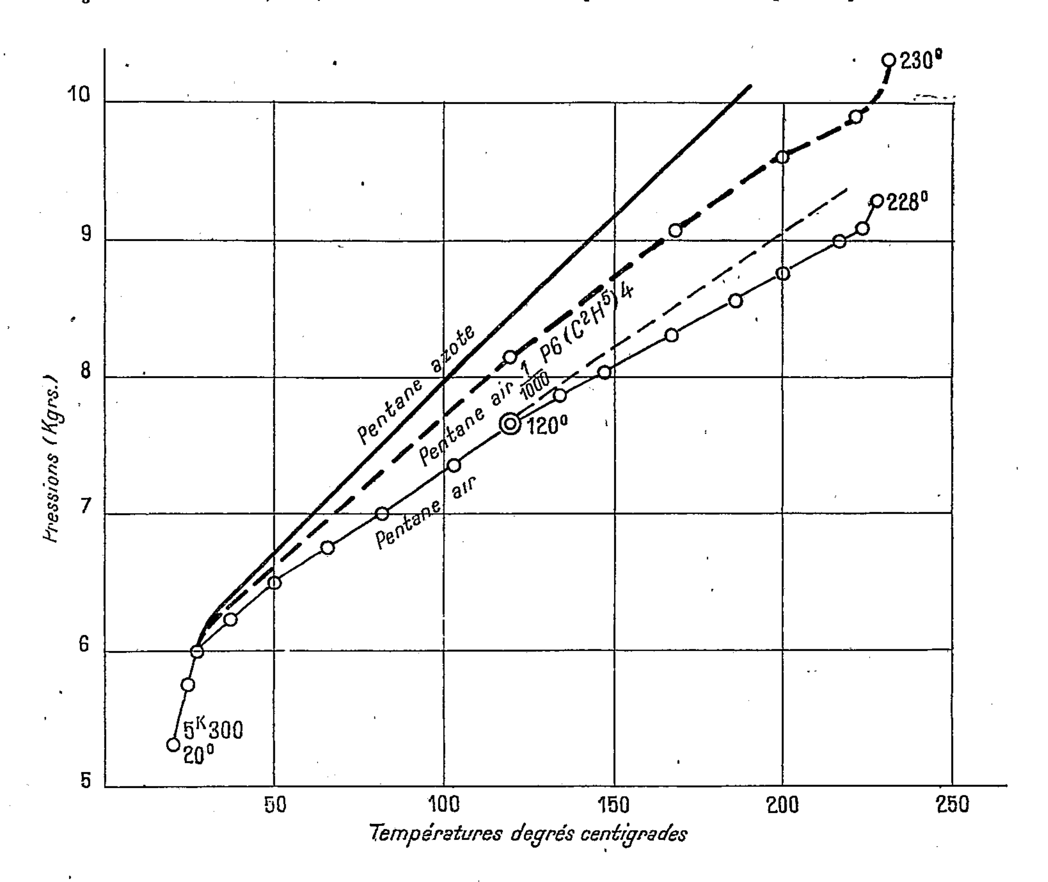
(1) Abegg et Herz, *Zt. f. anorg. Chem.*, 35, 1903, p. 129.

(2) Séance du 29 octobre 1928.

à 0° (par rapport à l'eau à 4°) : 0,645; indice de réfraction à 20° : 1,3563, et contenant de légères traces de carbures éthyléniques.

L'air et l'hydrocarbure étaient enfermés dans une bombe en acier. La durée moyenne d'une opération pour chauffer de 20° à 250° était d'environ 45 minutes.

La pression initiale de remplissage pour une température de 20° était toujours la même, 5^{kg},300 au-dessus de la pression atmosphérique.



Au-dessous d'une quantité de pentane inférieure de 5 à 10 pour 100 à celle correspondant à la combustion théorique, il n'y a pas d'inflammation jusqu'à 300°; vers 250°, on observe une légère remontée de la pression. Ce phénomène est analogue à celui observé par J. S. Lewis (¹) en chauffant en

(¹) J. S. Lewis, *Journ. Chem. Soc.*, **131**, 1927, p. 1555.

vase clos la quantité théorique de pentane avec de l'air initialement à la pression atmosphérique.

Pour des quantités de pentane plus élevées et jusqu'à 20 fois plus grandes, chiffre qui n'a pas été dépassé, la courbe d'échauffement commence à être sensiblement linéaire, bien qu'au-dessous de la droite qui correspond aux pressions relevées pour une même quantité de pentane avec de l'azote seul, puis présente un point anguleux à 120°; ensuite la pression croît notablement moins vite que ne l'indique la loi linéaire, on observe une remontée rapide de pression qui précède d'environ 10 à 15° l'inflammation spontanée.

La température à laquelle s'effectue celle-ci décroît quand la proportion de pentane augmente (237° pour la quantité théorique, 228° pour 4 fois plus, 220° pour 8 fois plus).

La courbe ci-dessus, relative à 6 fois la quantité théorique, donne l'allure générale de toutes les courbes relevées.

Les mêmes expériences ont été reprises dans les mêmes conditions initiales, en ajoutant au pentane $\frac{1}{1000}$ de plomb tétraéthyle, quantité employée dans les moteurs pour permettre d'augmenter le taux de compression. L'inflammation spontanée avant 300° ne commence à se produire que pour une quantité de pentane supérieure de 5 pour 100 à 10 pour 100 à la quantité théorique; pour des quantités de pentane plus élevées, on obtient une inflammation spontanée avant 300°. Toutefois, le point anguleux est beaucoup moins marqué que dans le cas du pentane pur (courbe en pointillé); l'inflammation est précédée d'une légère remontée de la courbe des pressions, et a lieu pour des températures qui, pour la même proportion de pentane, sont en moyenne plus élevées (251° à 230° au lieu de 237° à 220°).

Les mêmes expériences faites avec le benzène ont montré que, quelle que soit la proportion d'hydrocarbure, il n'y avait ni point singulier, ni inflammation avant 300°.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la configuration de l'atome d'azote trivalent.* Note de M. **Frèrejacque**, présentée par M. Charles Moureu.

I. L'étude de la benzaldoxime ayant montré qu'il existe deux isomères répondant à la formule $C^6H^5.CH = N(OH)$ a depuis longtemps conduit à supposer que, dans ce composé, les 3 valences de l'atome d'azote n'étaient

pas coplanaires. Cependant, les essais faits pour séparer en deux formes inverses optiques un corps répondant à la formule $N(R_1)(R_2)(R_3)$ ont tous échoué. La question a été récemment remise à l'ordre du jour dans un exposé de M. Dupont (¹), qui, cherchant à représenter électroniquement la configuration des amines et des sels d'ammonium, aboutit à l'hypothèse suivante : dans une amine $N(R_1)(R_2)(R_3)$ l'atome d'azote est placé au centre d'un tétraèdre dont trois des sommets sont occupés par R_1, R_2 et R_3. Il signale que de telles amines doivent être dédoublables. Malheureusement, la méthode habituelle de dédoublement (combinaison avec un acide actif) ne peut conduire au résultat, car les sels des amines n'ont plus la configuration imaginée par M. Dupont pour les amines tertiaires.

II. J'ai tenté de reprendre ce problème par une autre voie : dans l'hypothèse de M. Dupont, la combinaison d'un chlorure de camphre-sulfonyle actif avec une amine telle que l'aniline doit pouvoir donner naissance à deux anilides stéréoisomères non énantiomorphes. Ayant récemment signalé l'existence d'un nouvel acide camphre-sulfonique (²) (sulfoné en α), j'en ai préparé quelques anilides dans le double but de vérifier que ce nouvel acide est bien distinct des deux acides camphre-sulfoniques connus, et de rechercher l'isomérie prévue par les hypothèses résumées ci-dessus.

III. Ces amides ont été préparées à partir du sel de sodium de l'acide sulfonique facile à avoir très pur; le sel, traité par PCl^5, donne le chlorure (P.F : 88°) qui, traité en milieu benzénique par les diverses amines étudiées, donne aisément les amides. Ces corps sont bien cristallisés. J'ai résumé quelques-unes de leurs constantes dans le tableau suivant :

	P. F.	α_{5461} dans H^2O.	α_{5461} dans C^2H^5OH.	α_{5461} dans $CHCl^3$.	α_{5461} dans C^6H^6.	α_{5461} dans KOH alcoolique.
$C^{10}H^{15}.O.SO^3Na + 3H^2O$....	»°	79°,7	76°	»°	»°	+ 74°,5
$C^{10}H^{15}.O.SO^2NH^2$..........	143	94	66,5	+ 49,5	+ 34	+152
$C^{10}H^{15}.O.SO^2.NH.C^6H^5$.....	124	»	−42,5	+143	−203	+195
$C^{10}H^{15}O.SO^2N_1HC^6H^4.CH^3_2$..	117	»	−49,5	−111	−172	+
$C^{10}H^{15}O.SO^2N_1HC^6H^4.CH^3_4$..	197	»	−52,5	−148	»	+
$C^{10}H^{15}O.SO^2N(C^2H^5)(C^6H^5)$.	89	»	− ε	− 8	− 68	− 54

IV. Ce tableau appelle les conclusions suivantes :

1° Dans tous les cas, le produit de la réaction du chlorure sur l'amine

(¹) G. Dupont, *Bull. Soc. chim.*, 4ᵉ série, 41, 1927, p. 1112-1116.

(²) M. Frèrejacque, *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 607-609.

s'est affirmé unitaire; tous les essais faits en vue de fractionner les anilides dans des solvants variés ont échoué. On peut maintenir ces corps plusieurs heures au-dessus de leur point de fusion sans altérer leur pouvoir rotatoire; les anilides (sauf la dernière du tableau) sont aisément solubles dans les alcalis dilués et sont reprécipités par les acides avec les mêmes constantes physiques qu'avant la dissolution.

2° Les dérivés décrits différencient nettement le nouvel acide camphre-sulfonique de ceux décrits antérieurement.

3° Il est curieux que les anilides qui précisément pourraient exister sous deux formes dans l'hypothèse de M. Dupont sont fortement gauches dans les solvants neutres, alors que l'acide α sulfoné, son éther méthylique, son chlorure, son amide sont droits dans ces solvants.

4° En solution alcaline, les anilides sont au contraire fortement dextrogyres. L'hypothèse qui explique le plus simplement cette anomalie consiste à admettre l'existence de deux formes

$$C^8H^{14}\left\langle\begin{array}{l}CH - SO^2.N(C^2H^5)(C^6H^5)\\ | \\ CO \quad \text{(gauche)}\end{array}\right. \quad \text{et} \quad C^8H^{14}\left\langle\begin{array}{l}C.SO^2.N.(C^2H^5)(C^6H^5)\\ \| \\ C(OH) \quad \text{(droit)}\end{array}\right. ,$$

le dérivé sodé de la forme énolique étant facilement hydrolysable. Cette hypothèse explique que le pouvoir rotatoire d'une solution d'anilide croît à peu près proportionnellement au titre de la potasse alcoolique utilisée pour devenir constant lorsque la solution contient un peu plus d'une molécule de KOH pour une molécule d'anilide.

V. Nous avons préparé quelques anilides dérivés de l'acide de Reychler (sulfoné en 10). Leur étude nous a conduit à des observations analogues: les amides sont unitaires, dextrogyres, et leur pouvoir rotatoire est considérablement diminué en présence d'alcalis. Cette observation montre que les variations du pouvoir rotatoire en présence des alcalis n'est pas attribuable à une isomérie analogue à celle des α et α'-bromocamphres puisque l'acide de Reychler n'est pas sulfoné en α.

VI. En résumé, ce travail montre que l'acide *d* camphre-α-sulfonique est bien un nouvel acide sulfonique du camphre.

Il montre, une fois de plus, qu'il n'y a pas de raison expérimentale de supposer que les trois valences de l'atome d'azote ne sont pas dans un même plan.

GÉOLOGIE. — *Les Nummulites dans l'Éocène des environs du Caire.* Note de M. J. **Cuvillier**, présentée par M. H. Douvillé.

Dès la base du Gebel Mokattam situé à l'est du Caire, on trouve, près de Kaït-beg par exemple, au-dessus d'un conglomérat à fossiles lutétiens, des calcaires détritiques avec *Nummulites globulus*, Leymerie, et quelques *Nummulites Guettardi*, d'Archiac, avec, en très petit nombre aussi, *Nummulites gizehensis*, Forskal, de taille plus réduite que celles des niveaux supérieurs.

Dans la couche suivante formée d'un calcaire blanc pétri de Nummulites, on peut identifier, en compagnie des dernières *N. globulus*, de nombreuses *Nummulites atacicus* Leymerie de taille moyenne, de rares *Nummulites uroniensis*, Heim, et *N. gizehensis* plus abondante que dans le niveau sous-jacent.

Ensuite commencent les calcaires à *N. gizehensis* proprement dits; ces grands Foraminifères y sont associés à leur forme mégasphérique, *Nummulites curvispira*, Meneghini, souvent granuleuse; on y rencontre encore *N. uroniensis* et des *N. atacicus* typiques.

A l'horizon immédiatement supérieur, il n'y a plus que *N. curvispira* formant un banc de 4 à 5^{m} d'épaisseur et ne contenant que rarement des formes granuleuses.

Avec le niveau de la pierre à bâtir, les Nummulites se font plus rares; les plus fréquentes sont une variété de *N. atacicus* que l'on a généralement désignée sous le nom de *Nummulites Beaumonti*, d'Archiac, espèce de taille sensiblement plus petite que la véritable *N. atacicus*, mais dont les caractères spécifiques ne paraissent pas différents; on y ramasse encore *N. uroniensis* à l'état sporadique, forme que j'avais confondue avec *N. perforatus* Denys de Montfort, et dont M. Douvillé a eu l'extrême amabilité de corriger la détermination.

Les derniers sédiments appartenant aux couches blanches du Mokattam inférieur, qui sont superposés au « Baustein » des géologues allemands, marquent l'apparition d'une faune auversienne; en effet, dans un calcaire à Mollusques bivalves dont la partie terminale renferme des paquets de Bryozoaires, on recueille en abondance les Nummulites du groupe *contortus-striatus*, dont la taille est cependant un peu inférieure à celle du couple normal.

Les calcaires à Bryozaires précisent, dans l'Éocène moyen de la région Le Caire-Fayoum, la limite supérieure du Mokattam inférieur; au-dessus

sont accumulées des marnes argileuses et gypseuses, sans fossiles, que surmontent les calcaires siliceux du Mokattam supérieur; les premiers de ces calcaires brunâtres contiennent les formes ordinaires du couple *contortus-striatus*. Ils supportent les formations sans Nummulites du Bartonien à faunes de Mollusques de la zone sublittorale.

Au plateau des Pyramides de Gizeh, au bord du Désert libyque, les calcaires à Nummulites englobent une série lutétienne allant des couches à *N. globulus* jusqu'à la partie supérieure du niveau à *N. gizehensis*; dans ce dernier, *N. uroniensis* est beaucoup plus fréquente que dans la même couche du Gebel Mokattam. Je n'y ai pas retrouvé la *N. lævigatus* Brug. signalée autrefois par Boussac [1].

OCÉANOGRAPHIE. — *Le cycle du calcaire océanique*. Note de M. **J. Thoulet**.

D'après les résultats des dosages d'acide carbonique dans les eaux marines effectués à bord du *Challenger* pendant le cours de son voyage, j'ai pu établir que la proportion de ce gaz augmentait avec la profondeur. D'autre part Murray et Renard ont reconnu que dans les fonds océaniques, le calcaire diminuait au contraire avec la profondeur.

Cette double loi affirme l'existence d'eaux volcaniques acides sortant du sol sous-marin abyssal.

Sur la presque totalité des mers, dans les eaux superficielles, vivent confondues deux sortes de plancton : les Globigérines aux coquilles calcaires et les Radiolaires ainsi que d'autres organismes siliceux qui après leur mort tombent pêle-mêle sur le sol immédiatement sous-jacent. Si elles y trouvent des eaux volcaniques acides, les Globigérines calcaires dissoutes en plus ou moins grandes proportions disparaissent tandis que les éléments siliceux inattaqués subsistent et deviennent de plus en plus prédominants.

Parmi les 178 fonds analysés par le *Challenger*, 28 absolument privés de calcaire présentaient toutes les caractéristiques densimétriques et autres du volcanisme à ses divers degrés d'activité. On est donc fondé à admettre que la dissolution du calcaire est réellement effectuée par les eaux acides de sorte que l'absence, ou tout au moins la rareté relative du calcaire, coïncidant avec un enrichissement apparent en éléments siliceux, devient un

(1) Jean Boussac, *Observations nouvelles sur le Nummulitique de la Haute-Égypte* (*C. R. S. S. G. D. F.*, séance du 7 avril 1913, p. 63).

important indice de l'existence d'une activité volcanique sous-marine sur le fond.

On peut ajouter à cette indication la présence des minéraux dits volcaniques sur le sol et particulièrement de la magnétite et de l'obsidienne ou verre volcanique en grains fins résultant de la pulvérisation par étonnement des laves incandescentes au contact brusque des eaux abyssales glacées. Ces minéraux nés au sein des eaux océaniques y sont aussi abondants qu'ils sont rares dans les volcans subaériens où l'on ne connaît guère l'obsidienne qu'au Mexique, en Islande, aux îles Lipari et dans quelques autres rares localités.

Les ponces flottantes produites non seulement dans les volcans sous-marins, mais dans les volcans subaériens, parvenues à l'océan par projection directe ou par voie éolienne sous forme de lapilli, n'ont pas la même importance que les autres minéraux car on les trouve irrégulièrement dispersées au gré des vents et des courants sur la surface entière du lit océanique où, après avoir longuement flotté, elles finissent toujours par tomber.

La lithologie sous-marine apporte donc ainsi un concours précieux à la découverte des localités volcaniques si nombreuses sur le sol.

Quant au calcaire un cycle est établi. Le carbonate de chaux sans cesse fabriqué dans les eaux superficielles par les Globigérines et autres coquilles est sans cesse détruit et dissous dans les eaux volcaniques abyssales acides. La formation en couches épaisses des roches calcaires semble indiquer que jusqu'à présent la fabrication l'a emporté sur la destruction. En sera-t-il toujours de même?

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur l'iodovolatilisation et ses caractères chez les Algues septentrionales.* Note de M. **Pierre Dangeard**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

Nous avons montré récemment [1] que chez un certain nombre d'algues brunes et particulièrement chez les Laminaires de nos côtes, il existe un

[1] Pierre Dangeard, *Sur le dégagement d'iode libre chez les Algues marines* (*Comptes rendus*, 186, 1928, p. 892); *Sur les conditions du dégagement de l'iode libre chez les Laminaires* (*Comptes rendus*, 186, 1928, p. 1371); *Contribution à la connaissance du cycle de l'iode chez les Algues marines* (*Le Botaniste*, 20e série, III, 1928, p. 69-114).

dégagement de vapeurs d'iode qui se produit à la surface de ces plantes dans les conditions de vie normale : à ce phénomène qui est sous la dépendance de la couche épidermique ou *assise iodogène*, nous avons donné le nom d'*iodovolatilisation*.

Lors de la croisière récente du *Pourquoi-Pas?* dans les régions arctiques, nous avons eu l'occasion d'étendre le champ de nos observations et de montrer que l'iodovolatilisation n'est pas limitée aux climats tempérés.

Ce sont les Laminariacées qui ont retenu d'abord notre attention : parmi elles le *Laminaria flexicaulis* est commun en Norvège (Bergen, Tromsœ), en Islande et à l'île de Jan-Mayen; dans toutes ces stations il présente l'iodovolatilisation, avec les mêmes caractères et avec la même intensité qu'en France. Il en est de même du *L. saccharina* (Norvège, Islande) et du *L. Cloustonii* (*L. hyperborea*) qui est commun en Islande.

Pour toutes ces algues, sauf pour celles de l'île Jan Mayen, les observations ont été faites sur les algues en place et parfois même sur des algues complètement immergées qui bleuissent un papier amidonné placé à leur contact en quelques secondes (¹).

La zone des Laminaires comprend en outre dans toutes ces régions d'abondants *Alaria*, algues pauvres en iode, qui n'ont pas présenté d'iodovolatilisation même faible dans toutes nos expériences. Ce fait est un nouvel exemple de la relation que nous avons signalée entre l'intensité de l'iodovolatilisation et la richesse en iode donnée par l'analyse. Il s'applique également aux *Alaria* de Duon (baie de Morlaix) qui se comportent comme leurs congénères des mers froides.

Parmi les Fucacées qui sont actives nous trouvons l'*Ascophyllum nodosum* (Islande, Norvège) et le *Pelvetia canaliculata* (Islande) tandis que le *Fucus vesiculosus* (Islande, Norvège) n'a pas montré d'activité iodogène appréciable, contrairement à ce qui a lieu en France. Il en a été de même pour le *F. platycarpus* et ses diverses formes (*F. spiralis* des scandinaves) et le *F. inflatus* d'Islande, espèce du Nord, inconnue en France.

L'existence de l'iodovolatilisation à des latitudes aussi élevées que celle de l'île Jan-Mayen (71° N) et dans des eaux qui sont à une température voisine de zéro (eaux d'origine polaire) montre que ce phénomène n'est pas subordonné étroitement aux conditions de milieu (comme on aurait pu

(¹) Nous n'avons rencontré à l'île Jan-Mayen que des *Laminaria* rejetées sur les plages, mais les *Alaria* ont été récoltées en place.

le croire) et qu'il faut l'envisager comme une fonction nécessaire et sans doute très importante de la vie des Laminaires riches en iode.

L'iodovolatilisation représente une phase remarquable des échanges d'iode qui ont lieu incessamment entre la plante et le milieu.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Croissance comparée de plantes cultivées à Rennes, à Rothamsted et issues de graines mûries à des latitudes très différentes.* Note de M. **Pierre Lesage**, présentée par M. Molliard.

Les cultures de *Lepidium sativum* faites en 1927 à Alger, à Marseille, à Rennes, à Rothamsted et dont j'ai donné les principaux résultats [1], ont produit des graines qui ont été semées, le 1er mars 1928, à Rennes et à Rothamsted. A chacune des deux stations, elles ont donné naissance à quatre groupes de cultures contenant chacun des plantes de 2e, de 4e et de 7e génération de plein air après plusieurs générations sous châssis, et à des plantes toujours de plein air. Ces plantes, suivies attentivement et mesurées à Rennes par mes soins, à Rothamsted par Miss Winifred E. Brenchley, ont fourni des données qui m'ont permis de construire des courbes de croissance très intéressantes que je reproduis en partie dans le tableau ci-après où les abscisses indiquent l'âge des plantes, de 57 à 140 jours, et les ordonnées mesurent la taille correspondante de la tige florifère, de 0 à 120cm. Je n'y ai fait figurer que les courbes de 2e génération (2e G) et que celles des plantes toujours de plein air (∞), pour ne pas embrouiller ce tableau en y représentant les courbes de 4e et de 7e génération qui se superposeraient plus ou moins dans chaque cas à celle de 2e génération. J'ai marqué aussi par une croix, sur chaque courbe, le moment de l'apparition des premiers boutons facilement observables par leur couleur blanche et fournissant un bon repère pour les comparaisons.

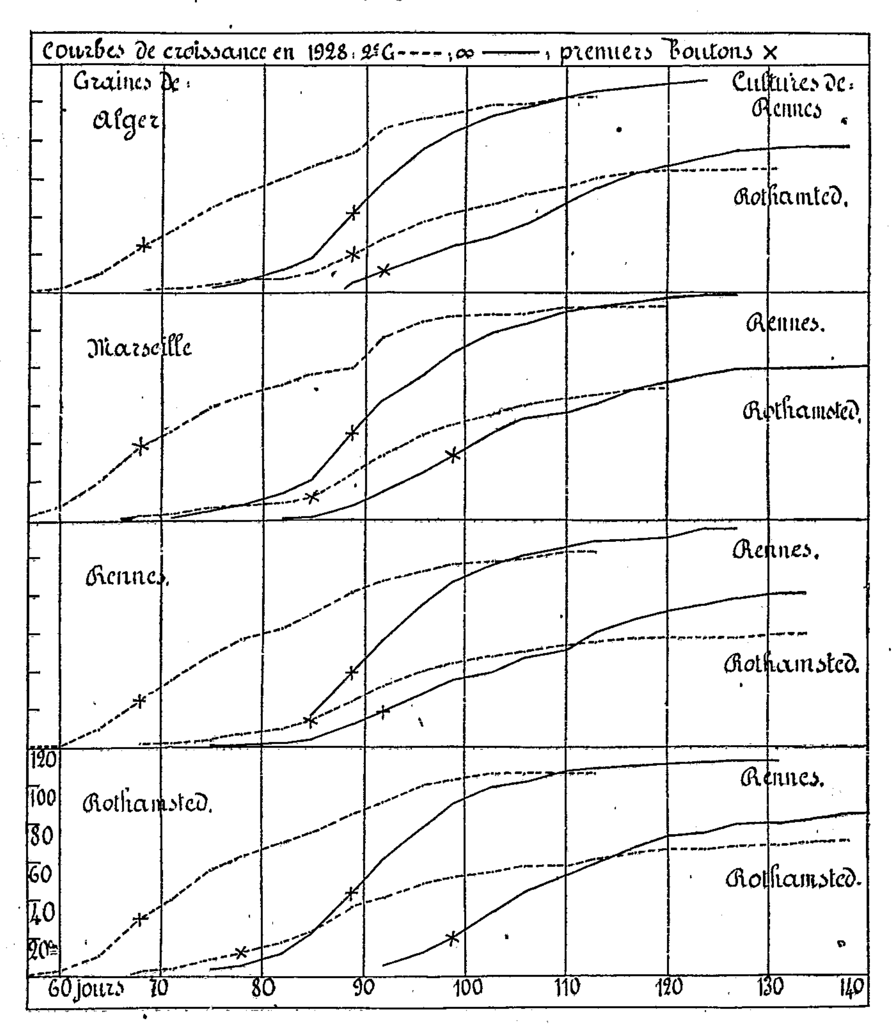
Nous pouvons, pour le moment et en attendant de nouvelles données sur certains détails, limiter l'interprétation de ces courbes aux quelques points suivants :

1° Les plantes de Rothamsted sont en retard sur celles de Rennes, ce qui s'explique par la différence de latitude qui dépasse 3°. Les différences

(1) Pierre Lesage, *Courbes de croissance et hérédité du caractère précocité à des latitudes très différentes* (*Comptes rendus*, 185, 1927, p. 725); *Précocité et rendement final dans la thermobiologie des plantes et variations avec la latitude* (*Comptes rendus*, 185, 1927, p. 966).

de taille entre les deux stations tiennent à diverses causes parmi lesquelles la richesse relative du sol joue vraisemblablement un grand rôle.

2° La précocité en plein air des plantes provenant de plusieurs générations sous châssis se conserve partout, non seulement en 2e génération, mais encore en 4e et en 7e génération, et il ne paraît pas nettement que l'hérédité s'atténue dans cette 7e génération.



3°. Si l'on compare, dans un autre tableau, les huit courbes des plantes de toujours plein air, on voit que ces courbes se disposent en deux groupes bien séparés, l'un pour Rennes, l'autre pour Rothamsted, mais que, dans chaque groupe, si elles ne sont pas rigoureusement parallèles très

rapprochées, elles s'enchevêtrent et se superposent plus ou moins les unes aux autres.

Il en est de même pour les huit courbes de 2ᵉ génération.

Il ressort de là qu'une seule génération de vie dans le Midi, à Alger ou à Marseille, ne suffit pas pour déterminer la précocité dans le Nord, à Rennes ou à Rothamsted. A ce sujet, je dois rappeler qu'une seule génération sous châssis ne suffit pas pour provoquer la précocité en plein air. Il faut un entraînement de plus d'une génération comme je l'ai encore vérifié cette année.

D'autres faits intéressants pourront peut-être se préciser et se dégager plus nettement des cultures qui seront faites en 1929, avec les graines de 1928 récoltées aux quatre stations.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur un principe immédiat extrait du* Sphacele parviflora *Linné*. Note de M. **V. Hasenfratz**, présentée par M. L. Mangin.

J'ai pu avoir à ma disposition un petit lot de feuilles d'une plante recueillie par M. Claës dans la région de Pacho (Colombie), à une altitude comprise entre 1800 et 2000^{m}. Cette plante n'est autre que le *Sphacele parviflora* Bentham, espèce de la famille des Labiacées. Les indigènes utilisent ses feuilles à la confection de cigares qu'ils fument avec l'espoir de se préserver de la maladie. Avec le temps, on voit apparaître à la surface de ces cigares des plages d'une matière solide blanchâtre, d'aspect neigeux. Je me suis proposé d'extraire cette matière à l'état de pureté et d'en fixer la composition.

Le mode d'extraction adopté est le suivant : dans un ballon contenant de l'eau, on introduit 250^{g} de feuilles desséchées et pulvérisées, puis on fait passer dans la masse un courant de vapeur d'eau qui provoque l'entraînement d'un produit huileux se transformant peu à peu en un corps cireux qui surnage le liquide aqueux. Le produit brut obtenu, dissous dans une petite quantité d'alcool chaud, abandonne, par refroidissement, de longues aiguilles incolores. Les 250^{g} de feuilles ainsi traitées ont donné 0^{g},7 de produit cristallisé, soit près de 3^{g} par kilogramme.

Insolubles dans l'eau, solubles dans l'alcool, l'éther, le chloroforme, ces aiguilles sont très facilement sublimables et fondent à 105°; abandonnées à froid sous une cloche en présence d'acide sulfurique, elles se transforment lentement en un produit huileux.

Le microdosage du carbone et de l'hydrogène, effectué par M. Rutgers, à qui j'adresse ici mes sincères remercîments, a donné les résultats suivants :

I. Subst. $6^{mg},114$; CO^2, $18^{mg},114$; H^2O, $6^{mg},425$. Trouvé pour 100 : C 80,80; H 11,77.

II. Subst. $6^{mg},068$; CO^2, $18^{mg},000$; H^2O, $6^{mg},411$. Trouvé pour 100 : C 80,90; H 11,83.

Ces pourcentages sont en accord avec la formule $C^{15}H^{26}O$ qui exige : C pour 100 : 81,01; H 11,79.

La littérature chimique mentionne l'existence de plusieurs substances extraites du règne végétal possédant cette même formule $C^{15}H^{26}O$: elles appartiennent au groupe des camphres dérivés des sesquiterpènes $C^{15}H^{24}$. Parmi elles se trouve le lédol ou camphre du Ledum, découvert par Grassmann en 1831 dans une plante de la famille des Éricacées, le *Ledum palustre* Linné, qu'on récolte dans les environs de Saint-Pétersbourg et dans les régions marécageuses de la Finlande.

Le lédol fut étudié par divers auteurs, notamment par Edv. Hjelt [1], qui lui assigna la formule $C^{15}H^{26}O$. Ce corps cristallise dans l'alcool en aiguilles incolores, très facilement sublimables, fondant à 104-105°. Par simple chauffage au bain-marie, en présence d'acide sulfurique dilué, le lédol perd une molécule d'eau et donne naissance à un corps huileux non oxygéné, le lédène $C^{15}H^{24}$, hydrocarbure se rattachant aux sesquiterpènes.

Des observations qui précèdent, il résulte que le produit extrait du *Sphacele parviflora* et le lédol ont le même point de fusion, la même faculté de se sublimer et d'être entraînés par la vapeur d'eau, les mêmes caractères de solubilité, le même mode de décomposition et la même formule : on peut donc conclure, selon toute vraisemblance, à leur identité.

Il est intéressant de constater que le *Sphacele parviflora* de la famille des Labiacées et le *Ledum palustre* de la famille des Éricacées, si différents par leurs caractères botaniques, leurs régions d'habitat et leurs conditions de végétation, renferment cependant le même principe immédiat, le lédol $C^{15}H^{26}O$, alcool dérivé d'un sesquiterpène, le lédène $C^{15}H^{24}$.

---

(1) Edv. Hjelt, *Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft*, 28, 1895, p. 3087.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Influence de la greffe sur les corrélations reproductrices*. Note de M. LUCIEN DANIEL, présentée par M. P.-A. Dangeard.

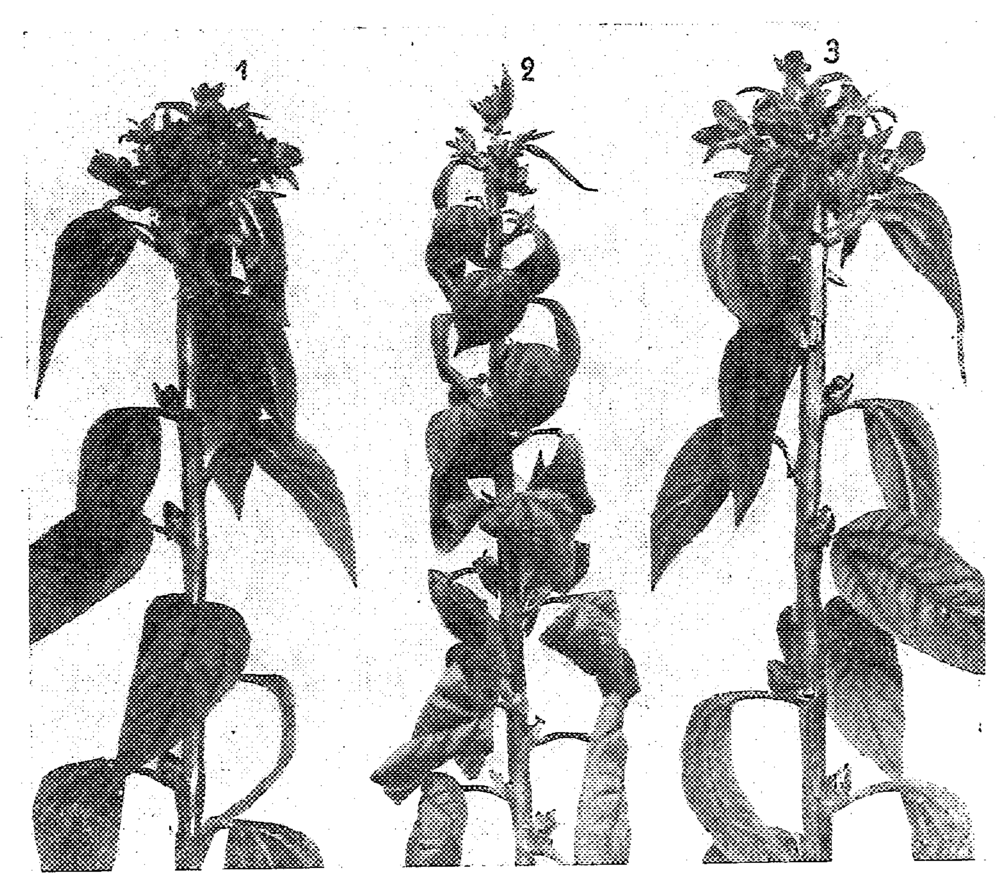
On sait que la reproduction sexuée et la multiplication végétative sont en étroite corrélation chez divers végétaux : quand la première diminue, la seconde augmente et *vice versa*. J'ai cette année observé deux exemples très nets de l'influence de la greffe et du milieu externe sur cette corrélation chez la Pomme de terre greffée sur la Tomate et chez le Topinambour greffé sur le Soleil annuel.

Comme je le fais tous les ans, j'ai greffé sur de jeunes Tomates la Pomme de terre Fluke en vue d'augmenter ses résistances aux maladies et d'étudier l'hérédité de la production des tubercules aériens que détermine la symbiose. Au cours de l'été dernier qui fut chaud et sec, la sécheresse menaçant de faire périr mes greffes, je les ai arrosées régulièrement. J'ai obtenu un développement extraordinaire des tiges feuillées aux dépens de la floraison et de la tuberculisation aérienne. Celle-ci s'est montrée sur quelques pieds seulement, est restée faible et les tubercules ont pris souvent la forme érigée, contrairement à ce qui se passe ordinairement.

Chez des pieds non greffés de la même variété et provenant de tubercules aériens récoltés antérieurement sur l'épibiote Fluke, j'ai constaté la formation de beaux tubercules aériens coïncidant avec des tubercules souterrains normaux. C'est là un nouvel exemple d'hérédité intermittente analogue à celui que j'ai décrit chez le Topinambour et qui s'est, lui aussi, reproduit en 1928 chez cette dernière espèce.

Dans mes expériences de greffage du Topinambour sur Soleil annuel, je me suis servi cette année des pousses fournies par l'un des exemplaires du semis que j'ai obtenues en 1926 avec des graines récoltées sur l'*Helianthus tuberosus Dangeardi* greffé. J'ai fait 12 greffes dont les bourrelets présentaient entre eux d'assez grandes différences. Aussi le développement des épibiotes a-t-il présenté de grandes variations. Au moment de la floraison j'ai observé deux types extrêmes : le premier, plus vigoureux, portait une superbe floraison, mais ne possédait aucun tubercule aérien ; le second avait, au sommet de son axe principal, un capitule avorté et tous les autres s'étaient transformés en tubercules aériens, agglomérés au sommet de la tige principale (*fig.* 2) ou au sommet des tiges latérales (*fig.* 1 et 3). D'autres tubercules aériens, de grosseur très variable,

s'étaient formés à l'aisselle des feuilles; le nombre de tous ces tubercules dépassait 250.



Épibiotes de Topinambour à capitules remplacés par des tubercules aériens.
2, tige principale; 1 et 3, tiges latérales.

Entre ces deux types extrêmes, l'un à reproduction sexuelle exclusive et l'autre à multiplication végétative très prédominante, il y avait tous les intermédiaires dans lesquels les deux modes de propagation étaient réunis ä des degrés divers. Sur les épibiotes, les tubercules étaient de couleur brun violacé foncé et parfois de grande taille, sphériques ou allongés, nus ou feuillés. Les feuilles étaient également d'un brun violacé particulier, plus ou moins foncé ; leur surface était gaufrée et leur limbe fortement recroquevillé.

Ces résultats sont une vérification expérimentale de la corrélation qui

existe entre la reproduction sexuelle et la multiplication par tubercules aériens provoquée par le greffage de cette espèce sur le Soleil annuel, espèce à rythme de végétation différent. Ils prouvent la possibilité d'arriver par la greffe à faire prédominer l'un ou l'autre mode et même, dans quelques cas, à n'en laisser subsister qu'un seul. Ils montrent en outre que la vieille hypothèse de la conservation intégrale des caractères chez les plantes greffées présente des exceptions et que, comme je l'ai indiqué dès le début de mes recherches sur la greffe, les variations introduites par la symbiose (symbiomorphoses) sont plus profondes, plus faciles à obtenir chez les êtres déjà en état de variation potentielle comme le sont les hybrides, les races ou les variétés récentes. Ce sont en effet des variétés récentes que la Fluke améliorée ainsi que l'*Helianthus Dangeardi* et ses descendants.

J'ai remarqué en outre, chez les capitules mieux formés des pieds greffés, une augmentation marquée du nombre de graines et de leur grosseur. La fertilité s'accentue donc à la suite de greffages répétés chez certaines variétés de Topinambour, mais cette accentuation varie suivant les exemplaires, car elle est très accusée chez les uns et simplement conservée chez les autres. Je me propose de continuer ces recherches en plantant les tubercules aériens de la variété à fertilité sexuelle nulle et en semant les graines des épibiotes les plus fertiles chez la variété très florifère.

PHYSIOLOGIE. — *Action de l'alcool sur l'adaptation de l'œil au cours de la vision périphérique.* Note de M. **P. Lasareff**, présentée par M. d'Arsonval.

La sensibilité maximum E_0 de l'œil dépendant de la sensibilité des centres nerveux et de la constante α de la reconstitution du pourpre visuel peuvent être calculées si on observe la variation de la sensibilité E de l'œil au cours de l'adaptation [1]. Pour l'étude de la variation de E_0 et de α pendant l'action de l'alcool sur les centres nerveux, on a mesuré E avant et après l'action de l'alcool qui a été introduit dans l'organisme sous forme de solutions à 50 pour 100 environ.

Les expériences montrent que les sujets peuvent être divisés en deux catégories.

---

[1] P. Lasareff, *Théorie ionique de l'excitation des tissus vivants*, p. 88 (Paris, A. Blanchard; 1928).

Pour les uns (*catégorie A*) on observe une augmentation de α et une diminution de E_0 avec la dose D croissante de l'alcool, tandis que pour les autres (*catégorie B*) E_0 et α présentent un maximum pour une dose D_0 définie d'alcool.

Dans le Tableau suivant je donne un exemple extrait des nombreuses observations exécutées par Mlle Couper et Mme Doubinskaia-Voskressenskaia.

TABLEAU.

	Catégorie A.		Catégorie B.	
Dose.	α.	E_0.	α.	E_0.
cm³				
0...........	0,03	70	0,03	55
50...........	0,03	30	0,06	70
75...........	0,06	30	0,034	45
100...........	»	»	0,04	40

Le maximum de E_0 et α s'observe avec la dose D égale à 50^{cm^3} d'alcool pur.

Il est intéressant de noter que les observations de l'action de l'alcool sur l'activité du cerveau correspondent également à deux catégories.

Pour les uns (Helmholtz), l'activité intellectuelle devient moindre après l'action de l'alcool; chez les autres (Pflüger, Stekloff), l'activité croît.

HISTOPHYSIOLOGIE. — *La microstructure du système nerveux (de ses « neurones ») comme base des théories de conductibilité et d'excitation dans le système nerveux.* Note de M. A. V. Léontowitch.

L'étude des microstructures des éléments composant le système nerveux, celle de la physiologie du processus de l'excitation au sein de ce système, étaient poursuivies jusqu'à présent indépendamment l'une de l'autre et il n'existe point encore de tentatives d'une ampleur suffisante cherchant à approfondir les causes logiques et les exigences physiologiques propres à ces structures, questions qui se posent inévitablement après la reconnaissance de la « phasité » du courant de l'action nerveuse.

Pour pouvoir méditer sur ces structures du point de vue décrit ci-dessous, il faut se rappeler l'existence d'une convertibilité incontestable (jusqu'à une certaine limite) du processus nerveux proprement dit et du processus électrique dans le nerf. Une complète entente d'opinion n'a pas encore

pu être atteinte à propos de maints détails de toutes ces structures. L'on s'attaquait surtout au rôle et même à l'existence des fibrilles primitives ainsi qu'aux excroissances (en forme de plaques et autres) des nerfs.

Cependant nos recherches (¹) ainsi que le présent travail, qui sera bientôt publié dans tous ses détails, me permettent d'affirmer, avec Apáthy et beaucoup d'autres, que les fibrilles nerveuses primitives sont une partie essentielle préexistante du système nerveux et non point une structure squelettique pour les nerfs; si l'on admet même qu'un rôle d'appoint est inhérent aux fibrilles, il ne s'ensuit point qu'elles soient privées d'un rôle conductif comme faisant partie du « Kernleiter ».

De même les excroissances soit en forme de plaques, soit en forme de boutons ou en tête d'épingle, si elles sont proprement colorées au moyen du bleu du méthylène, sont incontestablement des produits préexistants et non point artificiels, car elles existent même si l'on applique les méthodes les plus circonspectes et rapides pour les faire apparaître; en outre elles apparaissent ostensiblement, quoique d'une manière un peu moins précise, dans les préparations d'après Bjelschowsky.

La signification de toutes ces structures ne devient compréhensible qu'au point de vue de la théorie des courants électriques alternatifs, et c'est seulement alors qu'apparaît le vrai sens de ces derniers : les fibrilles nerveuses primitives, avec leurs substances périfibrillaires, sont des « Kernleiter » de Matteucci, Hermann, Boruttau; les paniers de fibrilles nerveuses intracellulaires, liés aux nerfs et servant de conducteurs de secousses d'excitation nerveuse le long du nerf, sont pareils au résonnateur Quique et en même temps jouent le rôle d'une des « bobines de liaison » avec les appareils péricellulaires de la cellule et *vice versa*.

Comme le courant nerveux est monophasé, son système comprend et les bobines d'auto-induction mentionnées et des capacités de superficies variqueuses et en forme de plaques, non seulement superficielles, mais peut-être aussi électrolytiques. Ces installations dans le travail du système nerveux servent aussi à la résonnance et à l'accordement des neurones l'un à l'autre, parfois même pour l'affaiblissement de leurs accordements. Il est incontestable que, dans certains cas, surtout avec la participation de solénoïdes

(¹) *Die Innervation der menschlichen Haut* (*Internationale Monatschrift für Anatomie und Physiologie*, 18, 1900, p. IV-VI). — *Gefässinnervation bei Rana esculenta* (*Ibid.*, 23, 1905, p. 5). — *Plexus nervosus autonomicus periphericus* (*Journal de Biologie et de Médecine expérimentales*, 1927, n° 5, etc., en russe). — *A propos de la question de l'existence d'un plexus fondamental nerveux au cœur* (*Ibid.*, 1927, n° 17).

(rameaux) spirales, sont formés des « transformateurs augmentateurs » analogues aux transformateurs des radio-appareils à lampes.

Le fait que nous ne possédons point dans le système nerveux de superficies vides d'air n'est nullement contraire à nos raisonnements, car la technique a déjà inventé des lampes à radio, remplies d'hélium. Donc le système nerveux, lui aussi, doué de son extraordinaire capacité d'adaptation, peut développer tout naturellement dans sa structure habituelle un « transformateur-augmentateur ».

C'est ainsi que toute la diversité des neurones s'explique par la diversité des longueurs d'ondes avec lesquelles ils travaillent.

L'étude des « spirales » des cellules du système nerveux « sympathique » vient de montrer que les solénoïdes ont les paramètres suivants :

Paramètres des spirales des cellules sympathiques ganglionnaires de Rana temporaria *sur nos préparations (bleu de méthylène ou notre méthode).*

Longueur du solénoïde.	Nombre d'entrelacements par centimètre.	Diamètre du solénoïde.	Calcul de la grandeur du filament du solénoïde en henry.	Calcul de la grandeur du filament du solénoïde en centimètre.	Longueur du filament entier du solénoïde.
50 μ	10	24 μ	3.10^{-10}	0,3 cm	0,74 mm
72	10	23	8.10^{-10}	0,8	0,75
60	6	23	7.10^{-10}	0,1	0,43
56	9	10,5	7.10^{-9}	0,96	0,29

C'est ainsi que l'auto-induction produit des chiffres du même ordre que l'électrophysiologie des courants nerveux. Ces mesures ne sont point encore aussi exactes que nous le voudrions, mais néanmoins nous pouvons déjà en tirer des conclusions sur l'ordre de la longueur de l'onde à laquelle sont accordés les solénoïdes; comme l'on sait, elle égale approximativement la longueur du filament du solénoïde, c'est-à-dire atteint chez nous environ 1^{mm}. C'est ainsi que l'on obtient un chiffre du même ordre que pour l'étude de l'excitation nerveuse ($1^{cm},5$-4^{cm}).

Le nombre des entrelacements de l'appareil péricellulaire est habituellement très faible. Mais il n'y a rien d'incompatible en cela avec les idées susdites; cela signifie seulement que la longueur de l'onde, transmettant l'excitation, n'est pas grande.

MICROBIOLOGIE. — Treponema podovis *n. sp.*, *agent pathogène du Piétin des moutons*. Note de MM. Ludovic et Pierre Blaizot, présentée par M. F. Mesnil.

On nomme Piétin du mouton une maladie localisée au pied et caractérisée par l'altération et la destruction du tissu onguéal. Éminemment contagieuse et chronique, évoluant avec des alternatives d'améliorations et de rechutes, cette maladie est sinon inquiétante pour la vie du sujet, du moins grave par ses conséquences économiques en raison même de sa contagiosité et des dépréciations qu'elle entraîne. Les éleveurs la redoutent au plus haut point. Jadis inconnue en France, elle y aurait été introduite au XVIIIe siècle par les mérinos venus d'Espagne.

Le Piétin évolue en plusieurs stades successifs. La lésion primaire, qu'on découvre dans l'espace interdigité, consiste d'abord en un suintement fétide, puis en une érosion sus-onguéale, chancriforme, à fond sanieux qui repose sur des tissus empâtés et douloureux. Au degré suivant, l'ulcération péri-onguéale s'étend, s'insinue sous la corne, la décolle et met à nu le tissu podophylleux lui-même profondément macéré.

Le pus, de consistance caséeuse, recueilli dans ces ulcérations, se montre, après coloration par le liquide de Giemsa, bourré d'une flore microbienne des plus variées au milieu de laquelle figure un spirochète que nous décrivons plus loin. Quand on prend la précaution de nettoyer soigneusement l'ulcération et de faire des prélèvements en profondeur, au contact des tissus sains, les frottis qu'on en tire contiennent ce spirochète à l'état beaucoup plus pur, ou du moins la flore microbienne s'est considérablement raréfiée. Les tissus sont, dans certains cas, littéralement farcis de spirochètes.

Le spirochète du Piétin est d'une extrême finesse, aussi ténu et aussi difficilement colorable que *Treponema pallidum*. Le Giemsa le colore non en rose, mais en bleu pâle. Il se présente sur frottis avec 4 à 5 ondulations; il mesure 10 à 15^{μ} de long. Il n'est pas rare de le rencontrer groupé en véritables écheveaux.

L'allure de l'infection, déjà si caractéristique des tréponémoses, nous a porté à considérer ce spirochète comme agent essentiel de l'infection. Pour élucider le bien-fondé de cette hypothèse, nous avons soumis deux groupes d'animaux à l'action des arsenicaux : novarsénobenzol Billon, en injections intraveineuses; atoxyl, en injections sous-cutanées.

De ces deux corps, le novarsénobenzol est celui dont l'action est la plus énergique. 24 heures après une injection intra-veineuse de 60^{cg}, une sole ulcérée, macérée, sanieuse, fourmillant de spirochètes, redevient sèche et dure, bref s'améliore manifestement. Corrélativement à cette amélioration, on constate la disparition complète des spirochètes. Cette épreuve nous paraît affirmer très nettement leur rôle dans la genèse du Piétin.

La guérison produite par une seule injection de novarsénobenzol n'est pas définitive. 10 à 15 jours plus tard, principalement chez les animaux porteurs de lésions graves, la rechute se produit en même temps que les spirochètes reparaissent. Il faut un traitement arsenical prolongé pour amener la guérison définitive. Notons en passant que cette nouvelle tréponémose, facile en somme à entretenir dans l'annexe d'un laboratoire puisqu'il s'agit d'une maladie naturelle, peut constituer un matériel des plus précieux pour l'étude comparée des divers produits spirochéticides.

Par ses dimensions et son habitat, ce nouveau spirochète s'apparente aux spirochètes de tissus (tréponèmes). Nous le désignons sous le nom de *Treponema podovis*.

La séance est levée à 16^{h}30^{m}.

E. P.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 19 NOVEMBRE 1928.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE HAMY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Th. De Donder**, Membre de l'Académie Royale de Belgique, qui assiste à la séance.

RADIOCHIMIE. — *Détermination du rôle de la lumière dans les réactions chimiques thermiques.* Note de M. **Jean Perrin**.

1. Arrhénius a supposé que, à toute température, pour chacune de nos espèces chimiques, la molécule se métamorphose parfois avec absorption d'un quantum défini d'énergie, en une *molécule activée* qui bientôt expulse ce quantum en régénérant la molécule primitive, et ainsi indéfiniment. Une espèce instable α se trouve ainsi toujours mélangée à une espèce stable A, et la thermodynamique impose au rapport de leurs concentrations la valeur $e^{-U_{A\alpha}/RT}$ où $U_{A\alpha}$ désigne l'énergie d'activation par molécule-gramme, R la constante des gaz, et T la température absolue. Si une vitesse de réaction est très sensible à la température, c'est que cette réaction se produit seulement entre molécules dont l'une au moins est activée, ce qui laisse subsister dans leur forme ordinaire les lois connues de la Mécanique chimique, mais en plus fait prévoir pour chaque constante de vitesse la valeur très sensible à la température

$$k = Be^{-U/RT}$$

qu'en effet l'expérience vérifie et où la constante expérimentale U doit être égale à la somme des énergies d'activation.

Ainsi la condition préalable de toute réaction sensible à la température est l'activation forcément endothermique des molécules ordinaires.

2. On a généralement admis que l'énergie nécessaire à cette activation est fournie par l'agitation moléculaire grâce à des *chocs* suffisamment violents. Mais divers chercheurs (Trautz, Jean Perrin, J. Duclaux, Mc C. Lewis) ont supposé, indépendamment, que cette énergie peut être fournie par la lumière où baignent forcément les molécules dans un milieu de température définie.

De façon précisée, admettons qu'une lumière de fréquence ν peut activer les molécules A, qui, réciproquement, pourront réémettre, en se désactivant, sous forme de lumière le quantum ainsi absorbé. Au delà d'une certaine raréfaction, cette cause d'activation subsiste pratiquement seule (et toute désactivation sera lumineuse). Il semble raisonnable d'admettre que l'équilibre isotherme entre lumière et matière se réalise et se maintient statistiquement, par absorption et émission grâce au jeu incessant de ces activations et de ces désactivations. On est ainsi conduit à retrouver, en l'appliquant aux molécules stables et activées, le beau raisonnement imaginé par Einstein (1) pour analyser l'équilibre entre de la radiation isotherme et des résonateurs quantifiés de Planck. Il suffit, en effet, d'admettre que la *natalité* en molécules activées est proportionnelle à l'intensité de la lumière active pour trouver (tenant compte de l'expression imposée au rapport des concentrations) que cette intensité doit vérifier la *loi de Planck* (qui se présente ainsi comme conséquence de la double discontinuité, en masse et en énergie, de la Matière) et pour trouver que l'énergie d'activation est égale au produit de la fréquence active par la constante H de Planck.

Ces succès disposent à admettre que la lumière est une cause d'activation, mais ne prouvent pas qu'elle intervienne appréciablement dans nos réactions ordinaires où les chocs pourraient rester de beaucoup l'agent prédominant.

3. On paraît avoir conservé cette façon de voir, sans pourtant apporter en sa faveur d'arguments décisifs. Car il faut se garder de croire (comme on a fait) qu'on calcule une fréquence active en divisant par H la constante expérimentale U de l'équation d'Arrhénius. Ce que donne, en effet, ce quotient est la somme des fréquences relatives aux diverses molécules activées. Par exemple, pour l'interversion du sucre, ce quotient (environ 10^{14}) ne correspond pas à une lumière active (qui alors eût été un infrarouge pratiquement absent à la température des interversions observées), mais désigne la somme d'au moins trois fréquences, ce qui rejette loin dans l'infrarouge

(1) Qui ne paraît pas avoir pris en considération l'aspect chimique du problème.

la zone possible des lumières activantes. On paraît d'ailleurs avoir aussi oublié que *lorsqu'une couleur est pratiquement inexistante dans la radiation isotherme, les chocs moléculaires capables de fournir le même quantum sont eux aussi pratiquement inexistants.*

Ainsi, les rôles respectifs, dans la Chimie des réactions thermiques de l'agitation moléculaire et de la Lumière, restent à déterminer.

Je vais montrer qu'on peut résoudre ce problème si l'on connaît (dans le visible ou l'invisible) le pouvoir fluorescent de chacun des corps qui prennent part à la réaction.

4. Avant cela, je dois rappeler quelle est l'origine probable de toute fluorescence. Considérons une enceinte isotherme assez froide pour que la lumière, disons jaune, qui peut activer une certaine substance, n'existe pratiquement pas dans la radiation interne de l'enceinte. Mais nous pouvons « éclairer », de l'extérieur, notre substance dans l'enceinte, par un faisceau de lumière jaune intense; et aussi bien nous pouvons la bombarder, par un flux de corpuscules d'énergie supérieure au quantum exigé (nous veillerons à ce que la température reste pratiquement définissable, et ne s'élève pas de façon importante). Grâce à cet afflux, de très nombreuses activations vont se produire, bientôt suivies par un nombre égal de désactivations. Et si pour une proportion notable ces désactivations se font avec émission de lumière, nous devrons observer, et probablement dans toute direction, une émission de lumière jaune.

C'est exactement le caractère de la fluorescence jaune qu'émet la vapeur de sodium assez froide pour ne pas luire spontanément, dès qu'on l'éclaire par de la lumière (ou par des rayons cathodiques) qu'elle absorbe. C'est encore, dans son essentiel, le caractère de la fluorescence verte qu'émet, en solution, de la fluorescéine éclairée par de la lumière bleue (l'écart de fréquence s'explique en tenant compte de ce que le quantum absorbé peut faire tourner ou vibrer une molécule complexe en même temps qu'il l'active). Plus généralement, sous l'aspect continu qu'elle présente à notre échelle, toute fluorescence est réellement une somme discontinue d'éclairs élémentaires qui accompagnent des désactivations. *Le rendement de la fluorescence* se définira comme égal au quotient du nombre des désactivations lumineuses par le nombre des quanta absorbés.

La théorie que j'ai ainsi donnée pour la fluorescence (1) a prouvé sa

(1) *Deuxième Conseil Solvay de Chimie*, 1924, p. 366 (Gauthier-Villars).

fécondité[1], notamment en permettant d'expliquer (par une *Induction moléculaire* électromagnétique) l'influence de la concentration sur le rendement de fluorescence, et en faisant prévoir quels corps abaisseront par leur présence la fluorescence d'un corps donné.

5. Portons maintenant notre attention sur l'un des réactifs qui prennent part à une certaine réaction, réactif présent avec une concentration et à une température données dans un milieu défini. Nous pouvons mesurer le rendement de fluorescence pour ce réactif, dans ces conditions, en l'éclairant par un flux de la lumière qu'il absorbe et qui active donc ses molécules, flux dont l'intensité devra être beaucoup plus grande que celle présente dans la radiation isotherme. Mettons que le rendement soit un tiers. Cela veut dire que sur trois molécules activées par le faisceau lumineux, une seulement se désactive avec émission de lumière. Mais une fois activée une molécule a oublié l'origine, la cause de son activation. Donc si nous cessons d'éclairer nous restons assurés que sur trois molécules activées (cette fois sans intervention d'un agent extérieur) il y en a toujours en moyenne une qui se désactive avec émission de lumière. Réciproquement, et selon l'analyse *fine* (Klein et Rossland) de l'équilibre statistique thermique, il faut que le mécanisme inverse joue avec la même probabilité, c'est-à-dire il faut que sur trois molécules activées, une en moyenne le soit par absorption de lumière (nécessairement empruntée à la radiation isotherme). Sans quoi, dans l'ensemble, le réactif restituerait à la radiation isotherme plus qu'il ne lui emprunte, en opposition avec le principe de Carnot.

Nous atteignons ainsi l'énoncé suivant :

La part que prend la lumière dans une réaction purement thermique est, pour chaque réactif, égale au rendement de fluorescence de ce réactif dans les conditions où il se trouve.

Ce rendement peut être mesuré sans changer ni la température ni le milieu, en éclairant avec une intensité suffisante par la lumière activante qu'absorbe le corps considéré.

---

(1) J. Perrin, *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 469 et 665; 184, 1927, p. 1097. — J. Perrin et Mlle Choucroun, *Ibid.*, 184, 1927, p. 985. — Mlle Choucroun, *Ibid.*, 183, 1926, p. 357. — Francis Perrin, *Ibid.*, 178, 1924, p. 1978; *Journ. de Phys.*, 7, 1926, p. 392.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Autoxydation et action antioxygène. Propriétés catalytiques de l'arsenic et de ses composés.* Note (¹) de MM. **Charles Moureu, Charles Dufraisse** et **Marius Badoche.**

Nous avons étudié, suivant notre technique habituelle, les propriétés catalytiques d'autoxydation de vingt-deux substances, employées à des doses voisines de 1 pour 100.

Arsenic et ses dérivés oxygénés. — L'activité s'est souvent montrée nulle ou tout au moins peu marquée (²), et le fait est sans doute, le cas échéant, en rapport avec leur faible solubilité dans les matières autoxydables auxquelles on les opposait.

L'*arsenic* (purifié par sublimation dans un courant d'hydrogène) a empêché totalement l'oxydation de l'acroléine pendant quelques heures, et l'oxydation a ensuite pris une allure accélérée. On a observé, vis-à-vis de l'aldéhyde benzoïque, une action antioxygène très énergique (le ralentissement a même été trouvé notable déjà à la dose de 1 pour 1000). L'arsenic ralentit également l'oxydation du styrolène. Dans le cas de l'essence de térébenthine, il accélère d'abord et ralentit ensuite considérablement l'oxydation.

L'*anhydride arsénieux* ralentit l'oxydation du sulfite disodique en solution alcaline. L'*arsénite de sodium* est bon antioxygène vis-à-vis du sulfite disodique en solution alcaline ou acide ; dans le cas de la solution alcaline, l'oxydation, très faible pendant deux semaines, a eu lieu ensuite comme en l'absence de catalyseur (³).

L'*anhydride arsénique* est bon antioxygène vis-à-vis du furfurol ; l'action est moins énergique dans le cas de l'aldéhyde benzoïque. L'action antioxygène de l'*arséniate disodique* vis-à-vis du sulfite de sodium est très faible (⁴).

En général, les composés oxygénés organiques de l'arsenic sont beaucoup plus actifs que les composés oxygénés purement minéraux.

(¹) Séance du 29 octobre 1928.

(²) Nous rappelons que dans nos expériences sur la catalyse d'autoxydation nous ne faisons état que des actions (antioxygènes ou prooxygènes) dépassant largement les erreurs d'expériences.

(³) L'oxydation du sulfite disodique, en présence d'arsénite, a déjà fait l'objet d'études intéressantes, en particulier : W.-P. Jorissen, *Zeits. phys. Chem.*, **23**, 1897, p. 667 ; N.-N. Mittra et N.-R. Dhar, *J. am. Chem. Soc.*, **122**, 1922, p. 146.

(⁴) La propriété catalytique de l'acide arsénique, parallèle à celle de l'acide phosphorique, comporte les mêmes remarques (voir *Comptes rendus*, **187**, 1928, p. 157).

L'*acide cacodylique*, l'*acide diphénylarsinique* et l'*arrhénal* sont de très bons antioxygènes du furfurol. L'acide cacodylique est prooxygène vis-à-vis de l'acroléine, de l'aldéhyde benzoïque et du styrolène. L'arrhénal ralentit l'oxydation de la solution acide de sulfite disodique. Les acides *phénylarsinique* et diphénylarsinique sont prooxygènes vis-à-vis du styrolène et de la solution alcaline ou acide de sulfite disodique.

Opposé à l'acroléine, l'*acide p-éthoxyphénylarsinique* en a totalement empêché l'oxydation pendant quelques jours, et ensuite le corps s'est oxydé à la même allure que le témoin (sans catalyseur).

La *diphénylméthoxyarsine* $(C^6H^5)^2AsOCH^3$ et la *phényldiméthoxyarsine* $C^6H^5As(OCH^3)^2$ sont antioxygènes vis-à-vis du furfurol et de l'aldéhyde benzoïque. Le premier de ces catalyseurs a empêché toute oxydation de l'acroléine pendant quelques jours, après quoi une oxydation rapide a été observée, et il a, après une période inactive, accéléré l'oxydation du styrolène; le second est prooxygène vis-à-vis de l'acroléine et vis-à-vis du styrolène (coefficient > 10) et antioxygène vis-à-vis du sulfite disodique en solution alcaline.

Dérivés halogénés. — En général, l'activité des halogénures d'arsenic est beaucoup plus grande que celle des corps précédents.

Les *chlorure*, *bromure* et *iodure d'arsenic* sont de bons antioxygènes de l'acroléine, de l'aldéhyde benzoïque, du furfurol. L'iodure est un bon antioxygène de l'œnanthol, de l'aldéhyde benzoïque (à la dose de 1 pour 1000), mais il accélère considérablement l'oxydation de l'essence de térébenthine et du styrolène. Une action prooxygène particulièrement énergique a été constatée pour le trichlorure vis-à-vis du styrolène.

La *phényldichlorarsine* $C^6H^5AsCl^2$ et la *diphénylchlorarsine* $(C^6H^5)^2AsCl$ sont d'assez bons antioxygènes de l'aldéhyde propylique et de l'œnanthol et d'excellents antioxygènes du furfurol. La *p-tolyldichlorarsine* $CH^3(4)C^6H^4(1)AsCl^2$ est un excellent antioxygène du furfurol. La phényldichlorarsine et la *p*-tolyldichlorarsine sont de bons antioxygènes de l'aldéhyde benzoïque. La diphénylchlorarsine est un très bon antioxygène de l'acroléine, la phényldichlorarsine et la *p*-tolyldichlorarsine le sont pendant quelque temps, après quoi l'acroléine s'oxyde à une allure accélérée. La phényldichlorarsine accélère beaucoup (plus de 10 fois) l'oxydation du styrolène; la diphénylchlorarsine la ralentit d'abord faiblement et l'accélère ensuite. La diphénylchlorarsine est un bon antioxygène de l'essence de térébenthine, tandis que, au contraire, la phényldichlorarsine en est un bon prooxygène.

La *diphénylcyanarsine* $(C^6H^5)^2AsCN$ (que nous plaçons ici avec les

corps halogénés analogues) est un bon antioxygène de l'aldéhyde propylique, du furfurol, du sulfite disodique en solution alcaline, et surtout du

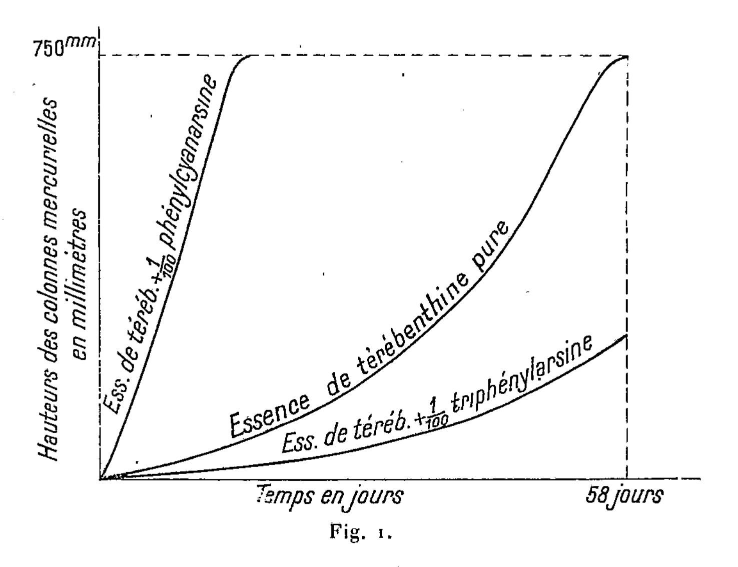


Fig. 1.

styrolène (durée de l'observation, 300 jours). Elle est, au contraire, prooxygène énergique vis-à-vis de l'essence de térébenthine (coefficient d'accé-

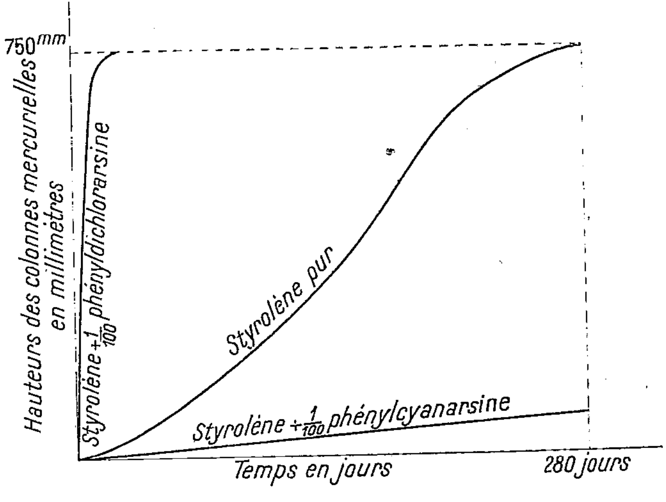


Fig. 2.

lération > 10). Son action a été trouvée nulle, chose curieuse, sur l'autoxydation de l'acroléine.

La *triphénylarsine* $(C^6H^5)^3As$ est un bon antioxygène de l'acroléine, de l'aldéhyde propylique, de l'œnanthol, de l'aldéhyde benzoïque, du furfu-

rol. Opposée au styrolène, elle en a pendant plus de deux mois ralenti notablement l'oxydation, laquelle a été ensuite accélérée. Vis-à-vis de l'essence de térébenthine, action antioxygène importante.

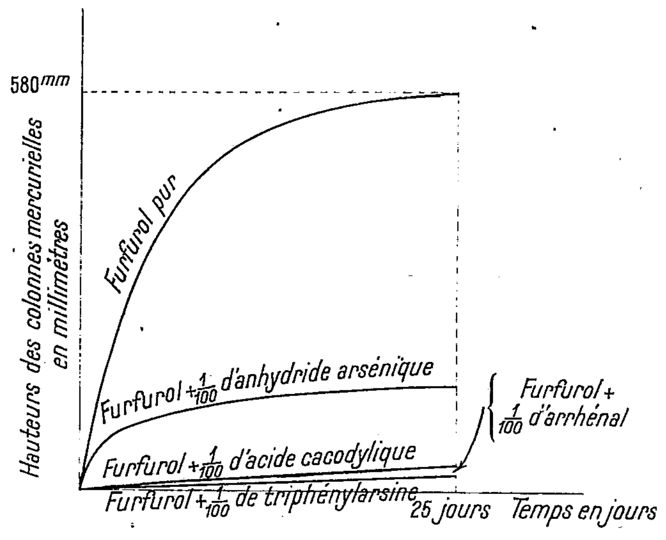


Fig. 3.

La *phénylarsénimine* $C^6H^5As = NH$ ralentit l'oxydation de l'aldéhyde benzoïque, de l'acroléine, de l'aldéhyde propylique, du sulfite disodique (en

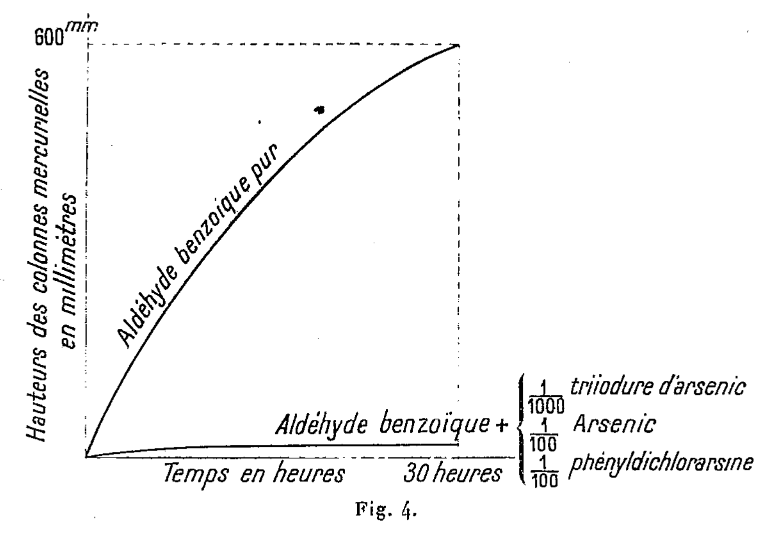


Fig. 4.

solution alcaline ou acide). Elle est un excellent antioxygène du furfurol et du styrolène (300 jours d'observation), tandis qu'elle est, au contraire, un prooxygène énergique (coefficient > 10) de l'essence de térébenthine.

On voit, *en résumé*, que, tout comme les métalloïdes et leurs dérivés étudiés jusqu'ici, l'arsenic et ses composés jouissent de propriétés catalytiques, positives ou négatives, importantes, vis-à-vis du phénomène de l'autoxydation : les figures 1, 2, 3 et 4 donnent une idée de quelques-unes de nos observations, choisies parmi les plus saillantes.

MÉCANIQUE. — *A propos de la théorie des oscillographes et appareils indicateurs*. Note de M. A. **Blondel.**

L'intéressante Communication présentée sur ce sujet (p. 938) par MM. Bogoliouboff et Kryloff, et dans laquelle ils se réfèrent à la théorie que j'ai donnée autrefois ([1]) sur les appareils indicateurs et les conditions qu'ils doivent remplir pour la projection ou l'inscription correcte des phénomènes variables de toute espèce, me suggère les remarques complémentaires suivantes :

Les auteurs arrivent à des conceptions nouvelles au point de vue de la valeur à donner à l'amortissement, mais il ne semble pas qu'en pareille matière on puisse donner des chiffres absolus, tout dépend en effet du critérium que l'on adopte comme point de départ pour la mesure de la précision.

MM. Bogoliouboff et Kryloff ont adopté un point de départ nouveau, en considérant l'erreur moyenne définie par le carré moyen des erreurs et ils ont cherché une limite supérieure au-dessous de laquelle cette erreur est comprise, mais leur analyse admet quelques données arbitraires notamment leur équation de condition 4. Il n'est pas certain que ce critérium, non plus que la façon de calculer une limite supérieure de l'erreur ponctuelle, corresponde à tous les cas, puisque ce calcul ne se fait que pour une certaine valeur de l'amortissement.

Dans la théorie telle que je l'ai présentée, les critériums choisis sont notablement différents :

1° On cherche la condition à remplir pour la fréquence et pour l'amortissement pour réduire l'erreur sur les harmoniques supérieurs, et l'on trouve que la fréquence propre doit être plus élevée que celle de l'harmonique supérieur non négligeable; puis en ce qui concerne l'amortissement :

([1]) *Comptes rendus*, 116, 1893, p. 748, et *L'Éclairage électrique*, 33, 1902, p. 115. Depuis cette époque, cette théorie a été bien connue à l'étranger, et elle a donné lieu à des imitations nombreuses, par exemple la théorie des sismographes donnée par Galitzine et d'autres (Cf. H. Bouasse, *Séismes et Sismographes*, p. 118-130, etc.).

a. Si l'on considère l'erreur de phase, l'amortissement doit être aussi faible que possible, donc $\frac{\chi^2}{m\rho}$ aussi petit que possible, et non pas égal à 3 comme l'ont proposé d'autres auteurs.

b. Si l'on considère l'erreur d'amplitude, le degré d'amortissement $a = \frac{\chi}{2\sqrt{m\rho}}$ doit être supérieur à $\frac{1}{\sqrt{2}}$; donc $\frac{\chi^2}{m\rho} > 2$ si la fonction qui correspond à la courbe ne présente pas de discontinuités.

2° On remarque, d'autre part, que, dans tous les cas où la courbe présente des discontinuités ou des semi-discontinuités, l'amortissement doit être l'amortissement critique : $a = 1$, donc

$$\frac{\chi^2}{m\rho} = 4.$$

Il en résulte un critérium pour la vérification du fonctionnement de l'enregistreur : il doit reproduire le plus fidèlement possible une courbe formée de rectangles successifs, c'est-à-dire des traits verticaux alternant avec des traits horizontaux. Quand la fréquence propre de l'oscillographe est égale à 100 fois celle de la courbe en rectangles, l'erreur de l'inscription est de $\frac{1}{100}$ environ en amplitude et en phase.

Quand la fonction est continue, on peut avoir un amortissement moindre, mais lorsqu'un appareil enregistreur doit être construit une fois pour toutes, et qu'on ne sait pas à l'avance si les phénomènes observés présenteront ou non des discontinuités, on est forcé de régler l'amortissement au voisinage de l'amortissement critique (plutôt un peu au-dessous); car sans cette précaution on risque d'avoir des franges surajoutées à la courbe vraie et qui rendent difficile de la relever exactement. N'était cette question de franges, on pourrait conserver la condition $\frac{m^2}{\chi^2} = 2$, qui correspond à un décrément logarithmique π et à une élongation résiduelle égale à $\frac{1}{23} = 0{,}043$ du côté du rectangle; ou mieux choisir l'amortissement qui correspond à une élongation résiduelle de $\frac{1}{100}$ [1].

---

[1] Si l'on appelle δ le décrément logarithmique, k le décrément, a le degré d'amortissement défini plus haut (d'après Curie), on a

$$k = e^{\delta}, \qquad a = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{\pi}{\delta}\right)^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{\pi}{\log \text{nép}\, k}\right)^2}}.$$

$$\text{Pour } k = 100, \qquad a = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{\pi}{4.60}\right)^2}}.$$

3° J'ai d'ailleurs indiqué en 1894 dans la *Lumière électrique* (Remarques sur la méthode oscillographique) que le meilleur moyen de connaître l'erreur commise dans l'inscription d'une courbe donnée, c'est de tracer d'après la courbe relevée ($y = Acq$) la courbe vraie, en retranchant, en chaque point, de son ordonnée les termes correctifs ([1])

$$-A\chi\frac{dq}{dt} - Am\frac{d^2q}{dt^2}.$$

On en déduit, comme je l'ai montré par la suite dans un brevet, un procédé de correction automatique des oscillographes, consistant à produire toutes les fois qu'il est possible, dans la fonction qui agit sur l'enregistreur, des termes supplémentaires précisément proportionnels aux termes correctifs du second membre. Cela est possible, par exemple pour les oscillographes électriques, en produisant des courants induits proportionnels aux dérivées première et seconde à l'aide de un ou plusieurs transformateurs ou de condensateurs ([2]).

4° On peut généraliser les conditions rappelées plus haut en les appliquant à des enregistreurs formés de plusieurs parties, tels que les manographes, à membrane, conduite et manomètre (3 parties distinctes). Il faut que chacune des parties séparément ait une période propre très courte par rapport à la périodicité du phénomène enregistré ([3]) et présente un amortissement suffisant. Le mieux est que chaque partie donne une bonne approximation pour les ondes rectangulaires et présente un amortissement voisin de l'amortissement critique; et l'ensemble doit être vérifié par l'inscription de telles ondes, ou simplement par l'application brusque de la pression ou d'un effet constant analogue.

([1]) H. Busch (*Phys. Zeit.*, 13, 1912, p. 615) a donné une expression générale très simple de ce résidu dans le cas où les décalages de phase restent faibles. Si l'on appelle τ cette phase, qui est la même pour les différents harmoniques en nombre assez peu élevé, l'erreur résiduelle en amplitude est $\frac{\tau^3}{1.2.3}q''' + \frac{\tau^4}{1.2.3.4}q^{IV} + \ldots$

([2]) Cette solution présente des analogies et des différences avec celle employée par M. H. Abraham dans son rhéographe, dans lequel l'élongation est proportionnelle à la dérivée seconde du courant ou de la tension enregistrée, tandis qu'une correction est faite proportionnellement à la dérivée première et que le couple est rendu négligeable.

Au contraire, dans l'oscillographe compensé, le terme principal du premier membre reste le terme de torsion, qu'on peut appeler le terme statique, et les termes proportionnels aux dérivées ne jouent que le rôle de corrections.

([3]) Ou par rapport à la vitesse de déroulement de la bande d'enregistrement, si le phénomène n'est pas périodique. Les limites des erreurs sont d'ailleurs à fixer d'après les échelles de la courbe enregistrée.

En présentant une brochure personnelle intitulée : *Nouveau comparateur approprié à la mesure des spectrogrammes destinés à la détermination des vitesses radiales*, M. **Hamy** rappelle qu'il a déjà parlé du sujet qui y est traité dans deux Notes à l'Académie. Il ajoute que l'appareil en question a été conçu dans le but de permettre la mesure des spectres stellaires les plus étroits, avec la même précision que les spectres larges.

M. R. **Bourgeois** dépose sur le bureau de l'Académie l'*Atlas d'Égypte* (¹) qui a été dressé grâce aux encouragements éclairés du roi Fouad, par le Directeur général de l'Administration de l'Arpentage d'Égypte, Hussein bey Sirry. Cet Atlas est accompagné de la Communication faite par le Directeur général de l'Arpentage au Congrès de Géographie de Cambridge qui s'est tenu en juillet dernier.

L'Atlas renferme une série de cartes à l'échelle du $\frac{1}{1000000}$, ce qui en permet la comparaison avec celles des autres pays qui sont publiées à la même échelle pour la Carte internationale du monde.

L'Atlas est divisé en plusieurs parties relatives à l'orographie, à la géologie, à la cartographie, à la météorologie et aux conditions économiques.

Dans la partie orographique, il y a lieu de signaler deux points importants : l'étude du niveau statique de l'eau dans le désert libyque, excessivement importante pour le creusement de nouveaux puits et la découverte d'une dépression de 18000$^{km^2}$ à 200000^{km} environ à l'ouest du Caire.

Il y a lieu de signaler également l'extension qu'ont prises, dans ces dernières années, les données géographiques exactes dans le désert libyque.

En résumé, cet Atlas met en relief tout d'abord l'importance des travaux géographiques exécutés par la Direction générale des Arpentages d'Égypte et également le grand intérêt que le roi d'Égypte prend à la géographie.

M. A. **Mesnager** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur d'offrir à l'Académie un exemplaire du *Cours de Résistance des Matériaux* que j'ai professé pendant la dernière année scolaire au

(¹) Egyptian Government, *Atlas of Egypt, A Series of Maps and Diagrams with descriptive Text illustrating the Orography, Geology, Meteorology and Economic Conditions.*

Conservatoire national des Arts et Métiers. Je me suis efforcé, tout en travaillant en vue des applications, d'en bannir tout *empirisme* et crois y avoir réussi. En partant de la loi de Hooke et de l'Élasticité, aidé par les indications précises que donne la double réfraction accidentelle sur les efforts intérieurs, on arrive facilement par des moyens élémentaires à la loi linéaire, aux lois de la répartition des efforts intérieurs à partir d'un point sollicité, à l'explication de ruptures à priori surprenantes. J'y ai donné les formules complètes des poutres rectangulaires chargées d'un poids en leur milieu, les méthodes de Beggs et les résultats des théories de Timochenko sur le flambement des plaques et des arcs, résultats malheureusement trop ignorés des techniciens.

M. **L. Joubin** présente à l'Académie un volume dont il est l'auteur, intitulé *Éléments de Biologie marine*, où il précise les conditions variées d'existence des animaux et des plantes dans la mer.

M. **Léon Guillet** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage qu'il vient de publier sous le titre *L'évolution de la Métallurgie*.

CORRESPONDANCE.

M. **Alexandre Dauvillier** adresse un Rapport sur l'emploi qu'il a fait des arrérages de la *Fondation Clément Félix* qui lui ont été attribués en 1927.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Office central de Faunistique. *Faune de France*. 19. *Hyménoptères vespiformes*. II. (*Eumenidae*, *Vespidae*, *Masaridae*, *Bethylidae*, *Dryinidae*, *Embolidemae*); par L. Berland. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

2° Société de Biogéographie. *Contribution à l'étude du peuplement des hautes montagnes*. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

3° *L'Effraye commune en Vendée*, par G. Guérin. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

4° Charles Roszak. *L'offrande à Mercure. Remarques sur les affaires*. (Présenté par M. L. Guillet.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Primitive de seconde espèce*. Note de M. **André Roussel**, présentée par M. Goursat.

La notion de dérivée s'introduit, comme on sait, en analyse, quand on cherche à substituer à la loi inconnue liant les valeurs d'une fonction à ses valeurs voisines une loi approchée plus simple, en commettant une erreur assez petite. En utilisant une représentation graphique, on peut dire que la courbe représentative autour de chacun de ses points M doit différer peu d'une autre courbe Γ passant par M, variable avec ce point. Prenons d'abord l'équation de Γ sous la forme

$$y = \alpha\varphi(x) + \beta.$$

Nous sommes ainsi conduit à chercher les fonctions $F(x)$ dont l'accroissement soit proportionnel à celui de φ, en tolérant une certaine erreur β. Nous dirons que F est *une primitive de seconde espèce* de f par rapport à φ, si β est infiniment petite par rapport au *module de continuité* $\omega(\delta)$ de $\varphi(x)$. On aura donc

$$(1) \qquad F(x+h) - F(x) = f(x)[\varphi(x+h) - \varphi(x)] + \varepsilon\omega(|h|),$$

ε tendant vers zéro avec h. Ainsi, pour ne citer qu'un des cas les plus remarquables, *si φ appartient à la classe très étendue des fonctions satisfaisant aux conditions* (*où* A *et* B *sont deux constantes*)

$$(2) \qquad A\,\delta^\alpha < \omega(\delta) < B\,\delta^\alpha \qquad (0 < \alpha < 1)$$

à toute fonction continue donnée $f(x)$ on peut faire correspondre une infinité de fonctions $F(x)$ *dont chacune est primitive de seconde espèce de f par rapport à φ*. Nous supposons les fonctions définies dans l'intervalle $(1, 2)$ et $\varphi \neq 0$, ce qui ne nuit pas à la généralité. Étant donné $g(x)$ continue, on peut former une fonction $u(x)$ dérivable telle que $g[u(x)\varphi(x)]$ diffère arbitrairement peu de $g(x)$: il suffit de prendre pour $u(x)$ une fonction représentée graphiquement par une ligne polygonale convenable inscrite dans la courbe : $y = x : \varphi(x)$. Il découle de là la possibilité de mettre $f(x)$ sous la forme

$$f(x) = \sum_{n=1}^{+\infty} f_n[u_n(x)\varphi(x)],$$

le terme général de la série précédente restant en module inférieur à celui

d'une série numérique convergente. La fonction $F(x)$ définie par l'équation

$$F(x) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{F_n(u_n \varphi)}{u_n} \qquad \left(F_n(t) = \int_0^t f_n(t)\,dt\right)$$

est une primitive de seconde espèce. A une seule φ correspondra donc une classe de F aussi étendue que celle des fonctions dérivables. On peut établir des formules analogues à celle de l'intégration par parties, f satisfaisant alors à des conditions telles que (2). Ces résultats sont susceptibles de généralisations étendues. On aura des propositions analogues en supposant seulement que $\omega(\delta).\delta - 1$ tende vers ∞ avec $\delta - 1$, l'égalité (1) ayant alors lieu au moins pour les x d'un ensemble partout dense. Plus généralement prenons l'équation des courbes Γ sous la forme $y = \varphi(x, \alpha) + \beta$; il s'agira de trouver les $F(x)$ satisfaisant à une relation de la forme

$$(3) \qquad F(x+h) - F(x) = \varphi[x+h, f(x)] - \varphi[x, f(x)] + \varepsilon\omega(|h|),$$

$\omega(\delta)$ étant le module de continuité de φ par rapport à la variable x. Ce problème peut se résoudre dans des cas très étendus. Signalons simplement ici qu'il en est ainsi quand $\varphi(x, \alpha)$ est quel que soit α primitive de seconde espèce par rapport à une fonction $\varphi_0(x)$ satisfaisant à (2). De même, $\varphi(x, \alpha)$ étant supposée admettre par rapport à α une dérivée continue φ'_α, si l'on pose

$$\Phi(x) = F(x) - \varphi[x, f(x)],$$

où F désigne une primitive de seconde espèce de $\varphi'_\alpha[x, f(x)]$ par rapport à f supposée satisfaire à (2), la fonction $\Phi(x)$ satisfera à (3) pourvu que l'on remplace le module de continuité de φ par celui de f, aucune autre hypothèse n'étant alors faite sur $\varphi(x, \alpha)$.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur une propriété générale des fonctions analytiques.* Note de M. **J. Priwaloff**, présentée par M. Émile Borel.

I. Considérons une famille de fonctions $w = f(z)$ holomorphes à l'intérieur du domaine D telles qu'on ait

$$(a) \qquad \begin{cases} f(z_1) = f'(z_1) = \ldots = f^{(\alpha_1 - 1)}(z_1) = 0, \\ f(z_2) = f'(z_2) = \ldots = f^{(\alpha_2 - 1)}(z_2) = 0, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \\ f(z_s) = f'(z_s) = \ldots = f^{(\alpha_s - 1)}(z_s) = 0, \end{cases}$$

où $z_1, z_2, \ldots, z_s$ sont des points fixes à l'intérieur de D, $\nu = \alpha_1 + \alpha_2 + \ldots + \alpha_s$ ($\nu \geqq 1$) un nombre positif donné.

$$(b) \qquad |f^{(m)}(z_{s+1})| \geqq 1,$$

z_{s+1} est un point fixe, m nombre entier donné, $m \geqq 0$ (z_{s+1} peut se confondre avec un des points $z_1, z_2, \ldots, z_s$).

Désignons par $d(r)$ une fonction de r quelconque, croissante de 0 à ∞, quand r varie de 0 à ∞, et par r_f une borne supérieure pour toutes r positives, pour lesquelles l'équation $w = f(z)$, quelle que soit w, $r \leqq |w| \leqq r + d(r)$, ait au moins ν racines dans D.

THÉORÈME 1. — *Il existe un nombre positif c_d tel que $r_f > c_d$ pour chaque fonction de notre famille.*

Ce théorème se démontre facilement par la méthode des familles quasi normales.

Démonstration. — Supposons que le théorème n'est pas vrai, alors il existe une fonction $f_\varepsilon(z)$ pour laquelle $r_f \leqq \varepsilon$ (ε est un nombre positif arbitrairement petit).

En posant $\varepsilon = \frac{1}{n}$ ($n = 1, 2, \ldots$), nous aurons une suite des fonctions $f_n(z)$ telles qu'il existe deux nombres A_n et B_n pour lesquels des équations

$$f_n(z) = A_n, \qquad f_n(z) = B_n$$

aient au plus $\nu - 1$ racines dans le domaine D,

$$\lim_{n \to \infty} A_n = 0, \qquad \lim_{n \to \infty} B_n = 0, \qquad \lim_{n \to \infty} \frac{A_n}{B_n} = 0.$$

En désignant par $\varphi_n(z) = \frac{f_n(z)}{B_n}$, nous aurons une suite des fonctions $\varphi_n(z)$ holomorphes dans D, telles que des équations

$$\varphi_n(z) = 1, \qquad \varphi_n(z) = \frac{A_n}{B_n} \left(\lim_{n \to \infty} \frac{A_n}{B_n} = 0 \right)$$

ont au plus $\nu - 1$ racines dans D. Or, dans ce cas, la suite $\varphi_n(z)$ est quasi normale dans D et son ordre ne surpasse pas $\nu - 1$. De plus, cette suite est normale dans D, d'après la condition (a).

Par conséquent, il existe une suite $\varphi_{n'}(z)$ qui converge uniformément à l'intérieur du domaine D vers une fonction $\varphi(z)$, holomorphe dans D. Il en résulte que la suite $f_{n'}(z) = B_{n'} \varphi_{n'}(z)$ converge uniformément vers zéro à l'intérieur de D, ce qui est impossible d'après (b).

II. Supposons que notre famille vérifie la condition complémentaire (c).

Condition (*c*). — L'équation $f(z)=0$ a au plus p racines dans D (p est un nombre donné, $p \geqq \nu$).

Soit $r_{f'}$ une borne supérieure pour toutes r positives pour lesquelles l'équation $w=f(z)$, quel que soit w, $0 \leqq |w| \leqq r$, ait au moins ν racines dans D.

Alors on peut démontrer, par la méthode déjà indiquée, le théorème.

Théorème 2. — *Il existe un nombre positif c' tel que $r_f > c'$ pour chaque fonction de notre famille.*

Nous avons démontré les théorèmes 1 et 2 pour les fonctions holomorphes; mais ils seront vrais aussi pour les fonctions méromorphes dans D.

Ces théorèmes ont des applications nombreuses.

ASTRONOMIE. — *Sur la détermination de l'apex au moyen des étoiles du type* G. Note (1) de M. **Josef Mikuláš Mohr**, présentée par M. Henri Deslandres.

Une des conséquences de l'étude de la distribution des vitesses absolues des étoiles est la détermination de l'apex et de la vitesse du Soleil.

Les équations qui résolvent le problème sont :

$$\xi = V_0 \cos\alpha \cos\delta - \frac{k}{\pi}(\mu_\alpha \sin\alpha \cos\delta + \mu_\delta \cos\alpha \sin\delta), \qquad \bar{\xi} = -V \cos A \cos D,$$
$$\eta = V_0 \sin\alpha \cos\delta + \frac{k}{\pi}(\mu_\alpha \cos\alpha \cos\delta - \mu_\delta \sin\alpha \sin\delta), \qquad \bar{\eta} = -V \sin A \cos D,$$
$$\zeta = V_0 \sin\delta \qquad + \frac{k}{\pi}\mu_\delta \cos\delta, \qquad \bar{\zeta} = -V \sin D,$$

où ξ, η, ζ sont les composantes de vitesses dans le système des coordonnées équatoriales; $\bar{\xi}$, $\bar{\eta}$, $\bar{\zeta}$ les moyennes arithmétiques des composantes; A, D les coordonnées de l'apex dans le même système, et V la vitesse du Soleil.

Dans la présente Note j'ai utilisé 519 étoiles du type $G_0 - G_9$, le type spectral choisi étant celui du Mount Wilson et de Victoria. Il est à remarquer que le type de Harvard étant différent des précédents, un petit nombre d'étoiles comprises dans mes calculs est du type K_0 de Harvard. Mais il est clair que les types déterminés au Mount Wilson et à Victoria sont beaucoup plus précis. Vitesses radiales et parallaxes ont été également

(1) Séance du 10 septembre 1928.

empruntées aux catalogues des mêmes observatoires. Les mouvements propres sont tirés des catalogues de Boss et de Cincinnati. Avec ces données j'ai calculé les ξ, η, ζ pour chaque étoile et de là la vitesse absolue v.

En groupant les étoiles d'après leurs vitesses absolues, nous avons pour les positions de l'apex les résultats suivants :

Groupe de vitesse.	Étoiles géantes.				Étoiles naines.				Ensemble d'étoiles.			
	n.	A.	D.	V.	n.	A.	D.	V.	n.	A.	D.	V.
km km		°	°	km		°	°	km		°	°	km
0- 10...	30	271,3	+31,2	19,3	0	-	-	-	30	271,3	+31,2	19,3
10- 20...	97	266,1	+25,2	15,5	18	272,6	+24,9	23,4	115	267,5	+25,1	16,8
20- 30...	89	261,5	+24,0	12,6	16	275,3	+27,9	20,9	105	264,6	+25,0	13,8
30- 40...	54	248,6	+ 7,0	11,4	25	270,0	+29,0	24,6	79	258,5	+17,8	14,8
40- 50...	36	276,9	+58,7	16,4	17	246,1	+59,4	31,1	53	255,0	+65,0	20,0
50- 60...	13	294,6	+28,3	27,8	25	274,0	+28,8	37,7	38	279,6	+29,1	34,0
60- 70...	11	306,1	+32,6	42,3	13	276,3	+17,1	46,9	24	288,3	+23,1	42,8
70- 80...	10	279,8	+12,9	55,3	10	281,6	+31,2	39,8	20	280,5	+20,5	47,0
80- 90...	2	270,1	+13,0	84,3	11	273,6	+36,8	52,8	13	272,6	+30,4	51,5
90-100...	4	279,5	+31,2	87,4	6	289,1	+31,9	93,0	10	285,4	+31,7	90,5
100-150...	11	273,2	+30,4	96,8	15	281,9	+19,4	100,2	26	278,5	+24,0	98,1
>150...	3	290,6	+41,3	123,2	3	350,8	+69,1	158,7	6	314,9	+59,6	133,1
0- 50...	306	263,2	+28,5	13,6	76	267,5	+36,6	23,8	382	264,4	+30,8	15,6
0-100...	346	270,8	+27,5	17,1	141	274,3	+31,7	34,2	487	272,3	+29,4	22,0
Sans limite.	360	272,0	+28,6	20,4	159	278,0	+32,0	41,3	519	274,8	+30,3	26,7

J'ai examiné les deux courbes obtenues en portant en abscisses les vitesses et en ordonnées, dans la première, les D et dans la seconde, les A. Ces courbes n'ont pas pu être insérées dans la Note.

En ce qui concerne les D, il existe pour les étoiles géantes comme pour les naines un minimum entre 30-40^{km} de vitesse absolue, un maximum bien prononcé entre 40-50 et enfin un autre minimum entre 70-80^{km}. De même nous constatons dans la courbe des A un minimum entre 30-40 pour les géantes, entre 40-50 pour les naines; pour les deux types, un maximum entre 60-70, ainsi qu'un faible minimum entre 80-90^{km}.

Il est intéressant de noter qu'en partant des résultats de Kaburaki [1] pour les étoiles du type K on obtiendrait des constatations semblables pour la courbe des A et pour la courbe des D relative aux naines.

---

[1] Masaki Kaburaki, *On the distribution of the Velocities of Stars of the spectral type K* (*Journal of the Fac. of science*, *Tokyo*, 1, 1926, Part 7, p. 285).

Si l'on considère nos résultats, on constate alors que la résultante des vitesses absolues des étoiles géantes d'un groupe quelconque est *parallèle* à la résultante des vitesses absolues des étoiles naines du même groupe. La comparaison de ces résultats avec ceux de Kaburaki nous montre de plus qu'il n'y a pas un grand écart entre les deux types spectraux en ce qui concerne leurs vitesses dans l'espace.

Si nous faisons enfin l'hypothèse que V est une fonction exponentielle de la vitesse absolue v, c'est-à-dire

$$\log V = a + bv,$$

nous aurons dans ce cas

$$\log V = 1,120 + 0,0061\,v \quad \text{pour les géantes.}$$
$$\pm 0,068 \pm 0,0008 \text{ (e. p.)}$$
$$\log V = 1,304 + 0,0048\,v \quad \text{pour les naines.}$$
$$\pm 0,060 \pm 0,0002$$
$$\log V = 1,184 + 0,0055\,v \quad \text{pour l'ensemble d'étoiles.}$$
$$\pm 0,056 \pm 0,0006$$

ASTRONOMIE. — *Calcul approché de l'influence des termes à courte période dans la détermination de l'heure par la lunette méridienne.* Note de M. **N. Stoyko**, présentée par M. Bigourdan.

L'influence des termes lunaires à courte période, qui peuvent dépasser $0^s,02$, n'est pas négligeable devant la précision actuelle de détermination de l'heure. On néglige souvent ces termes, parce que leur calcul pour chaque étoile est un travail supplémentaire assez long. Je pense qu'on peut diminuer considérablement ce travail en utilisant des formules approchées qui donnent une précision suffisante. Deux cas différents peuvent se présenter :

I. On n'a tenu compte de ces termes ni pour les étoiles horaires, ni pour les étoiles circompolaires.

II. On a tenu compte de ces termes pour les étoiles circompolaires et non pour les étoiles horaires.

Dans les calculs suivants nous utiliserons les notations des Notes précédentes (1).

I. Dans ce cas nous avons :

$$(1) \qquad \pm n \operatorname{tang} \delta = B + C + f' + g' \sin(G' + \alpha) \operatorname{tang} \delta.$$

(1) *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 413 et 713.

En résolvant les équations du type (1) pour les étoiles circompolaires passage supérieur (s) et passage inférieur (i), ainsi que pour les étoiles horaires (h), nous avons, en posant $\alpha = \alpha_s = \alpha_i = \alpha_h$,

$$n = n_s + \Delta n_s = n_s + g' \sin(G' + \alpha);$$

$$n = n_i + \Delta n_i = n_i - g' \sin(G' + \alpha) \frac{\operatorname{tang}\delta_i - \operatorname{tang}\delta_h}{\operatorname{tang}\delta_i + \operatorname{tang}\delta_h}$$

et

$$\Delta n_m = \frac{g' \sin(G' + \alpha) \operatorname{tang}\delta_h}{\operatorname{tang}\delta_i + \operatorname{tang}\delta_h}.$$

La correction de C_p est donc

$$\Delta C_p = f' + g' \sin(G' + \alpha) \operatorname{tang}\delta_h + g' \sin(G' + \alpha) \operatorname{tang}\delta_h \frac{\operatorname{tang}\varphi - \operatorname{tang}\delta_h}{\operatorname{tang}\delta_i + \operatorname{tang}\delta_h}.$$

Le maximum du dernier de ces termes correctifs est $0^s,0004$; donc il est négligeable, et l'on peut écrire :

$$\Delta C_p = f' + g' \sin(G' + \alpha) \operatorname{tang}\delta_h. \tag{2}$$

Si l'on n'a pas observé des passages inférieurs d'étoiles circompolaires, nous avons

$$\Delta C_p = f' + g' \sin(G' + \alpha) \operatorname{tang}\varphi, \tag{3}$$

formule qui a été donnée par Wanach [1].

Si l'on a observé seulement des passages inférieurs d'étoiles circompolaires, on aura

$$\begin{aligned} \Delta C_p &= f' + g' \sin(G' + \alpha) \operatorname{tang}\delta_h - g' \sin(G' + \alpha) \cdot \frac{\operatorname{tang}\delta_i - \operatorname{tang}\delta_h}{\operatorname{tang}\delta_i + \operatorname{tang}\delta_h} (\operatorname{tang}\varphi - \operatorname{tang}\delta_h) \\ &= f' + g' \sin(G' + \alpha) \operatorname{tang}\delta_h (1 - X). \end{aligned} \tag{4}$$

La correction qui dépend du terme X n'est pas négligeable : elle peut atteindre $0^s,004$. Il est facile de calculer, une fois pour toutes, les valeurs de X et d'en faire une table à double entrée avec $\operatorname{tang}\delta_i$ et $\operatorname{tang}\delta_h$ comme arguments.

II. Dans ce cas on aura

$$n \operatorname{tang}\delta_h = B_h + C + f' + g' \sin(G' + \alpha) \operatorname{tang}\delta_h = B_h + C + N_h \text{ (étoiles horaires)},$$

$$n \operatorname{tang}\delta_s = B_s + C \text{ (circomp. P. S.)},$$

$$-n \operatorname{tang}\delta_i = B_i + C \text{ (circomp. P. I.)}.$$

D'où

$$n = n_s + \Delta n_s = n_s - \frac{N_h}{\operatorname{tang}\delta_s - \operatorname{tang}\delta_h}; \qquad n = n_i + \Delta n_i = n_i + \frac{N_h}{\operatorname{tang}\delta_i + \operatorname{tang}\delta_h}$$

---

[1] *Astronomische Nachrichten*, 227, 1926, p. 220.

et

$$\Delta n_m = \frac{N_h}{2(\tang \delta_i + \tang \delta_h)} - \frac{N_h}{2(\tang \delta_s - \tang \delta_h)}.$$

La correction de C_p est donc

$$\Delta C_p = N_h\left[1 + 0,5\left(\frac{\tang \varphi - \tang \delta_h}{\tang \delta_i + \tang \delta_h} - \frac{\tang \varphi - \tang \delta_h}{\tang \delta_s - \tang \delta_h}\right)\right] = N_h[1 + 0,5(Y_i - Y_s)].$$

La correction qui dépend du terme $0,5\ (Y_i - Y_s)$ ne dépasse pas $0^s,0008$; elle est pratiquement nulle et l'on peut prendre

(5) $$\Delta C_p = N_h = f' + g' \sin(G' + \alpha) \tang \delta_h.$$

Si l'on n'a pas observé d'étoiles circompolaires passage inférieur ou passage supérieur, nous aurons

(6) $$\Delta C_p = [f' + g' \sin(G' + \alpha) \tang \delta_h](1 - Y_s),$$

(7) $$\Delta C_p = [f' + g' \sin(G' + \alpha) \tang \delta_h](1 + Y_i).$$

Les corrections qui proviennent de Y_s ou de Y_i peuvent atteindre 0,003 et ne sont pas tout à fait négligeables. On peut facilement préparer de petites tables pour le calcul de Y_s et Y_i.

Conclusion. — Dans le cas normal, pour calculer la correction de C_p qui provient de l'influence des termes à courte période, il suffit de les calculer une seule fois pour une étoile ayant Æ = heure moyenne de la série (t. sid. local) et de prendre $\tang \delta_h =$ la moyenne des $\tang \delta$ des étoiles horaires [formules (2) et (5)]. Lorsqu'on n'a pas observé d'étoiles circompolaires passage inférieur ou passage supérieur, il faut ou poser $\delta_h = \varphi$ d'après la formule (3) ou introduire les corrections qui dépendent de X, Y_s ou Y_i [formules (4), (6) ou (7)]; on trouvera ces quantités dans des tables qu'on aura établies une fois pour toutes.

PHYSIQUE. — *Sur un pendule très peu amorti.* Note de M. **René Planiol**, présentée par M. Villard.

Faisant un usage constant d'appareils à vide élevé, nous avons pensé que ce genre d'instruments permettrait la réalisation facile de pendules à très faible amortissement. L'intérêt de ceux-ci semble évident pour la construction d'horloges de haute précision.

Pour vérifier cette idée, nous avons monté sous une grande cloche en

verre vidée par une pompe moléculaire de Holweck un pendule de torsion constitué par un cylindre de laiton massif suspendu à un fil de torsion en quartz. Le cylindre a 70^{mm} de diamètre et 80 de longueur. Le fil a $\frac{25}{100}$ de millimètre de diamètre et environ 45^{mm} de longueur.

Pour éviter les difficultés d'encastrement du fil celui-ci est obtenu en étirant le milieu d'une baguette de 6^{mm} de diamètre. Il est alors très facile de fixer les deux bouts de celle-ci dans le pendule et dans le support fixe.

Le cylindre porte un miroir de galvanomètre pour la mesure des amplitudes.

La période d'une oscillation double est de $10^{sec},942$.

Le pendule étant abandonné à lui-même, les amplitudes décroissent de la façon suivante (elles sont données en centièmes de radian) :

1er jour.....	19^h15^m	12,67	6e jour.....	15^h	6,49
»	21	12,58	8e »	19	4,70
2e jour.....	11,45	10,59	9e »	19	4,31
»	19,30	10,43	10e »	15	3,78
3e jour.....	12,15	9,35	11e »	17	3,50
»	19	9,09	12e »	19	2,80
4e jour.....	12	8,18	13e »	19	2,68
»	19	7,76	15e »	19	2,31
5e jour.....	15	7,17	16e »	11	2,17
»	19	7,00			

Pendant ces expériences la pression mesurée au manomètre absolu de Knudsen était toujours inférieure à 0,8 barye la nuit et 0,05 barye le jour, sauf pendant la première nuit où l'on remarque une diminution anormale de l'amplitude due à la réapparition du début de la viscosité, la pression étant remontée exceptionnellement à 3 baryes.

Il semble que dans un tel pendule l'amortissement dû au gaz ait complètement disparu. Les seuls amortissements qui subsistent sont donc dus à l'hystérésis élastique du quartz et au support. Le fil de quartz travaillait à la tension à 51^{kg} par millimètre carré, ce qui est peut-être nuisible à l'obtention d'un faible amortissement.

La constante de temps paraît atteindre 9 à 10 jours vers la fin de l'expérience.

On peut chercher à estimer les énergies mises en jeu dans le mouvement. Pour une amplitude de $5,2.10^{-2}$ radian de part et d'autre de la position d'équilibre, l'énergie emmagasinée est de 6,25 ergs. Au bout de 5250 oscillations doubles on a dissipé 1 erg. L'énergie perdue pendant une période

est donc de 2.10^{-4} et descend au-dessous de 10^{-5} erg pour les faibles amplitudes. Si l'on désirait entretenir un pendule de ce modèle pour la réalisation d'horloges, la très faible valeur de son amortissement suggère immédiatement l'idée d'employer la pression de radiation qui paraît pouvoir fournir des quantités d'énergie de l'ordre de grandeur de celles dont on aurait besoin. Le pendule porterait alors simplement un miroir sur lequel on ferait tomber un rayon lumineux commandé par une cellule photo-électrique. On aurait ainsi réalisé un pendule absolument libre dont la période serait définie avec une haute précision.

La comparaison d'un pendule de torsion de ce type avec un pendule oscillant monté de la même façon permettrait peut-être d'étudier les variations de la pesanteur. Il y aurait naturellement lieu de s'affranchir de la pompe en plaçant le pendule dans une enceinte en pyrex scellée après étuvage dans le vide.

Le pendule pourrait être fait en quartz fondu transparent pour diminuer les coefficients de dilatation et devrait être placé dans une enceinte à température constante. Le centième de degré serait probablement suffisant.

PHYSIQUE. — *Contrôle d'une nouvelle méthode de mesure de la température des gaz.* Note de M. **Marcel Chopin**, présentée par M. H. Le Chatelier.

La température d'un courant gazeux peut être mesurée, ainsi que je l'ai indiqué dans une Note précédente (1), en observant les modifications apportées à l'écoulement du fluide à travers deux orifices en mince paroi. L'exactitude de cette méthode aérodynamique pouvait être compromise par une variation du coefficient de contraction des orifices en fonction de la température, ce qui m'a conduit à comparer les résultats ainsi obtenus aux indications d'un couple thermo-électrique placé dans des conditions particulières de rayonnement.

La soudure chaude du couple A est fixée au milieu d'une cellule traversée par le courant gazeux. Cette cellule est soumise à un refroidissement extérieur qui peut être corrigé par un chauffage électrique de ses parois, contrôlé par un second couple B. Lorsqu'il y a égalité des températures A et B, le couple A se trouve soustrait à l'action du rayonnement extérieur,

(1) *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 1832.

et il donne alors une mesure exacte de la température du gaz. La quantité de chaleur apportée par le courant gazeux doit être très considérable par rapport à celle susceptible de lui être transmise par les parois, de plus la cellule doit avoir un rayonnement interne assimilable à celui d'un corps noir. Ces dispositions sont difficilement réalisables; j'ai pu cependant m'en approcher suffisamment pour comparer valablement les deux méthodes.

Le courant d'air traverse successivement un faisceau tubulaire, l'orifice O_1, un tube renfermant la résistance électrique de chauffage de l'air, l'orifice O_2, et la cellule de mesure thermo-électrique. Le faisceau tubulaire et l'orifice O_1 (diamètre 6^{mm}) sont contenus dans un bain-marie permettant de connaître la température de l'air à $\frac{1}{10}$ de degré près. La chambre de chauffage de l'air est constituée par un tube d'acier, à parois épaisses ($48/60^{mm}$) ayant une longueur de 1^m, protégé intérieurement et extérieurement par un revêtement d'amiante. Il renferme la résistance électrique disposée sur le premier tiers de sa longueur.

L'orifice O_2 (7^{mm} de diam.) est percé au centre d'un diaphragme d'acier situé à l'intérieur du tube à 120^{mm} de son extrémité. Le tronçon du tube ainsi constitué reçoit la cellule constituée par un tube de même longueur et de 24^{mm} de diamètre intérieur, portant la résistance électrique auxiliaire et le couple B. La température de l'air est mesurée avec un couple Le Chatelier relié à un galvanomètre Chauvin et Arnoux à lecture directe, étalonné suivant les procédés habituels. Le rayonnement axial provenant des parties chaudes de l'appareil est intercepté à l'aide d'un écran placé à 100^{mm} en amont de l'orifice O_2; en outre le couple A porte un petit écran en amiante placé en avant de la soudure chaude.

Les résultats obtenus sont indiqués ci-dessous : T, exprimé en centigrades, désigne la température de l'air calculée par la méthode aérodynamique, TA 6 est la température du couple A placé à 6^{mm} de l'orifice O_2, TA *m* est la température moyenne obtenue en déplaçant ce couple de 20 à 80^{mm} de l'orifice.

T.	TA 6.	TA *m*.	T − TA 6.	T − TA *m*.
357°,5	364°	369°	− 6°,5	−11°,5
361,5	366	372	− 4,5	−10,5
372	374	384	− 2	−12
376,5	372	375	+ 4,5	+ 1,5
376,5	369	376	+ 7,5	+ 0,5
377	361	373	+16	+ 4
380,5	381	381	− 0,5	− 0,5
384,5	394	385	− 9,5	− 0,5
434	434	438	0	− 4
435,5	436	444	− 0,5	− 8,5
442	436	446	+ 6	− 4
447,5	438	448	+ 9,5	− 0,5

T.	TA6.	TA*m*.	T — TA6.	T — TA*m*.
446,5	437	449	+ 9,5	— 2,5
486,5	487	485	— 0,5	+ 1,5
553	542	547	+11	+ 6
576	562	575	+14	+ 1
596	592	600	+ 4	— 4
603	606	606	— 3	— 3
611	611	630	0	—19
646	642	650	+ 4	— 4

TA6 est inférieur en moyenne de 6°,5 à TA*m*, ce qu'explique partiellement le réchauffage dû aux mouvements tourbillonnaires et aux remous causés par le petit écran qui précède le couple. L'égalité des températures A et B a été difficilement obtenue, leur différence était généralement comprise entre 0° et ± 20°, ce qui explique le sens des écarts T — TA6 et T — TA*m*. La température B, mesurée en un seul point du cylindre de protection, est d'ailleurs insuffisante à définir le rayonnement de ce cylindre. La constance des indications du couple déplacé le long de l'axe permet de conclure plus sûrement à un équilibre thermique entre le couple et son enveloppe. Cette constance a pu être obtenue dans plusieurs essais, et c'est précisément dans ces cas que la différence T — TA se réduit à 2 ou 3°.

Si l'on fait la moyenne de ces écarts, totalisés avec leurs signes, on aboutit finalement à la conclusion suivante : La température de l'air calculée par la méthode aérodynamique est supérieure de 2°,9 à celle indiquée par le couple placé à 6^{mm} de l'orifice; elle est inférieure de 3°,5 à la température moyenne du couple dans les autres positions. Des déterminations successives faites en régime stable ne diffèrent pas entre elles de plus de 1° vers 600° C.

Avec des débits d'air et des dimensions d'orifices qui sont sensiblement ceux adoptés dans mes mesures de la chaleur d'échauffement des gaz, la méthode aérodynamique possède donc un degré de précision qui n'est pas nécessairement limité par les écarts moyens constatés ci-dessus. Aucune différence systématique n'apparaît dans l'intervalle 300°-600° C., or cet intervalle de température est assez considérable pour qu'un élément de variation puisse être décelé, de sorte qu'une précision du même ordre est vraisemblablement acquise à des températures plus élevées.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la théorie mathématique des oscillographes.* Note (1) de MM. N. **Bogoliouboff** et N. **Kryloff**, transmise par M. André Blondel.

Dans la théorie mathématique des oscillographes, créée par les recherches de M. A. Blondel (2) et développée dans les Cours traitant ce sujet (3), on obtient, pour déterminer les constantes de l'appareil, des conditions qui ne sont pas tout à fait concordantes. Par exemple dans le problème de la synchronisation « intégrale » posé pour le phénomène physique ou technique régi par l'équation différentielle du second ordre

$$m\ddot{q} + \chi\dot{q} + \rho q = k(t), \qquad k(t) = k(t+T), \tag{1}$$

on admet ordinairement pour le rapport $\frac{\chi^2}{cm}$ une valeur égale à 3 quand on poursuit la synchronisation des phases et une valeur différente égale à 2 si l'on veut synchroniser les amplitudes. Dans la pratique, on prend la valeur moyenne 2,5 sans aucune raison théorique. Le but de cette courte Note est de contribuer à l'élaboration de la théorie mathématique des oscillographes ainsi que des autres appareils basés sur le même principe. Ceci présente, ce semble, d'autant plus d'intérêt que les appareils de ce genre sont d'un emploi croissant dans les différentes branches de la Physique et dans les applications techniques.

I. En partant de l'équation (1) on obtient immédiatement

$$\int_0^T \left[q(t) - \frac{k(t)}{c}\right]^2 dt = \frac{m^2}{c^2}\int_0^T \ddot{q}^2\,dt + \left(\frac{\chi}{c}\right)^2 \int_0^T \dot{q}^2\,dt, \tag{2}$$

car

$$2\int_0^T \ddot{q}\dot{q}\,dt = \int_0^T d\dot{q}^2 = 0.$$

Or il est facile de vérifier que

$$\int_0^T \dot{q}^2\,dt = \frac{1}{c^2}\int_0^T \dot{k}^2\,dt + \left[\left(\frac{\chi}{c}\right)^2 - 2\left(\frac{\chi}{2}\right)^2 + \frac{2m}{c}\right]\int_0^T \ddot{q}^2\,dt.$$

(1) Séance du 5 novembre 1928.

(2) A. Blondel, *Théorie générale des instruments indicateurs, etc.* (*Comptes rendus*, **116**, 1923, p. 748), et *Théorie des oscillographes* (*L'Éclairage électrique*, **33**, 1902, p. 115).

(3) Courant et Hilbert, *Methoden der Math. Physik*, **1**, p. 226-227.

D'où, en vertu de (2), on tire

$$(3) \qquad \int_0^T \left[q(t) - \frac{k(t)}{c}\right]^2 dt$$
$$= \frac{\chi^2}{c^4}\int_0^T \dot{k}^2\,dt + \frac{[m^2c^2 + 2m\chi^2 c - \chi^4]}{c^4}\int_0^T \dot{q}^2\,dt - \frac{m^2\chi^2}{c^4}\int_0^T \ddot{q}^2\,dt.$$

Si, dans cette relation, on pose

$$(4) \qquad -\chi^4 + 2m\chi^2 c + m^2c^2 = 0,$$

ce qui donne la valeur suivante (à comparer avec celle obtenue plus haut 2,5)

$$(5) \qquad \frac{\chi^2}{cm} = 1 + \sqrt{2} = 2,41,$$

on obtient, en tenant compte du signe du troisième terme du second nombre de (3), une limite supérieure de la valeur du premier membre par l'inégalité suivante :

$$(\mathrm{I}) \qquad \boxed{\frac{1}{T}\int_0^T \left[q - \frac{k}{c}\right]^2 dt < \frac{m}{T}\,\frac{(1+\sqrt{2})}{c^3}\int_0^T \dot{k}^2\,dt}$$

d'où l'on tire la conclusion suivante : *Pour que l'erreur globale (ou erreur moyenne quadratique) de la synchronisation soit la plus petite possible, il faut s'arranger de façon que le rapport $\frac{m}{c^3}$ soit d'autant plus petit que $k(t)$ contient des harmoniques supérieures plus importantes.*

II. En remarquant que $y = \dot{q}$ est l'intégrale périodique de l'équation

$$m\ddot{y} + \chi\dot{y} + cy = \dot{k},$$

et en admettant encore $\frac{\chi^2}{cm} = 1 + \sqrt{2}$, on obtient, en répétant textuellement l'analyse du paragraphe I :

$$\frac{1}{T}\int_0^T \left[\dot{q} - \frac{\dot{k}}{c}\right]^2 dt < \frac{(1+\sqrt{2})}{T}\left(\frac{m}{c^3}\right)\int_0^T \ddot{k}^2\,dt.$$

Or il est évident que

$$\left[q - \frac{k}{c}\right]^2 < 2\sqrt{\int_0^T \left[q - \frac{k}{c}\right]^2 dt \int_0^T \left[\dot{q} - \frac{\dot{k}}{c}\right]^2 dt}.$$

D'où, en tenant compte des résultats ci-dessus obtenus, on tire finalement

$$(\mathrm{II}) \qquad \boxed{\left|q - \frac{k}{c}\right| < \sqrt{2(1+\sqrt{2})\left(\frac{m}{c^2}\right)}\sqrt[4]{\int_0^T \dot{k}^2\,dt \int_0^T \ddot{k}^2\,dt}}$$

et ceci nous donne une limite supérieure de *l'erreur ponctuelle de synchronisation intégrale* au sens indiqué par M. A. Blondel.

Dans la formule (II) l'influence des harmoniques d'ordres supérieurs est encore plns notable que dans la formule (I).

La conclusion finale relative au choix du rapport $\frac{m}{c^3}$ reste la même que pour l'erreur globale.

Cette manière d'envisager le problème de synchronisation intégrale à l'aide des considérations tout à fait élémentaires donne *l'appréciation de la déviation* et peut être aisément étendue, comme nous le montrerons ultérieurement, au cas où l'équation (1) est à coefficients variables, problème qui n'a pas été abordé, paraît-il, jusqu'à présent. De même pourront être traités les systèmes différentiels.

OPTIQUE. — *Sur les radiations secondaires observées dans la diffusion moléculaire de la lumière (effet Raman).* Note de M. **Pierre Daure**, présentée par M. A. Cotton.

L'effet Raman permet de mesurer pour chaque corps des fréquences caractéristiques, liées d'une manière encore incertaine, à la constitution moléculaire. Il y a donc lieu de chercher les relations possibles entre ces fréquences et les constantes chimiques d'atomes formant des molécules simples.

J'ai étudié, à cet effet, les composés trichlorés des éléments P, As, Sb, Bi; les composés tétrachlorés des éléments C, Si, Ti, Sn; enfin, le tribromure de phosphore. Les trichlorures d'antimoine et de bismuth sont solides à la température ordinaire. J'ai étudié le premier fondu à 100° C., le deuxième en solution chlorhydrique.

Résultats. — Les spectres « Raman » de tous ces éléments comportent quatre raies principales (que nous désignerons par a, b, c, d). Ils n'en comportent généralement pas d'autres. Cependant les composés de faible poids atomique (PCl^3, CCl^4) présentent en outre quelques raies d'intensité sensiblement plus faible que j'ai négligées tout d'abord.

Les fréquences caractéristiques de ces raies principales décroissent régulièrement avec le poids atomique des éléments constitutifs; mais je n'ai pas trouvé de loi simple exprimant cette décroissance. (La raie *b* du titane fait exception à cette régularité; mais dans la classification périodique, ce métal est sur la colonne du zirconium et non sur celle de l'étain.)

J'ai observé dans la plupart des cas non seulement les raies négatives, mais encore les raies positives. J'ai négligé provisoirement l'étude plus délicate de l'intensité des raies positives. Les considérations qui suivent s'appliquent aux raies négatives.

Dans tous les corps étudiés les raies *a* et *c* sont d'égale intensité. Dans la série du phosphore, la raie *b* a une intensité quatre fois plus faible que *a* et *c*. Dans la série du carbone, l'intensité de la raie *b* est égale à celle des raies *a* et *c*. (Exception faite pour le titane qui se comporte à ce point de vue comme les éléments trivalents de la série du phosphore.)

L'intensité de la raie *d* est plus variable; cette raie est généralement plus faible que la raie *c*; exceptionnellement elle est plus forte dans le trichlorure de bismuth.

Tableau des fréquences caractéristiques (*n*) *en nombre d'ondes au millimètre.*

Les indications d'intensité (*i*) suivent celles des fréquences; elles sont inversement proportionnelles aux temps de pose, avec cette convention : la raie de diffusion normale 4358 Å aurait une intensité 1000.

	a.		*b.*		*c.*		*d.*	
	n.	*i.*	*n.*	*i.*	*n.*	*i.*	*n.*	*i.*
PCl^3........	19	40	25,5	10	48	40	50	40
$AsCl^3$.......	15	100	19,5	25	37	100	39,5	50
$SbCl^3$.......	12,3	100	15	25	31,5	100	35	50
$BiCl^3$.......	11		(1)		24	30	29	60
CCl^4........	21,6	80	31,3	80	45,7	80	75-78	60
$SiCl^4$.......	14,6	40	21,5	40	42,3	40	60	10
$TiCl^4$.......	11,3	60	13,4	15	38,5	60	49	15
$SnCl^4$.......	9,6	80	13,3	80	36	80	40,6	80
PCl^3........	19	40	25,5	10	48	40	50	40
PBr^3........	11	100	15,6	25	39(2)	100	39(2)	100

(1) Les raies *a* et *b* sont dans ce cas remplacées par une bande assez large. Cet élargissement est peut-être imputable au mode opératoire : ce composé a été étudié en solution chlorhydrique. Cet élargissement existe aussi pour les raies *c* et *d*.

(2) Bande peut-être double.

ONDES ÉLECTROMAGNÉTIQUES. — *Rôle possible de la diffusion par les électrons dans la propagation des ondes courtes.* Note de MM. **Ponte** et **Y. Rocard**, présentée par M. Ch. Fabry.

Pour expliquer ses résultats expérimentaux, T. L. Ekersley [1] envisage une diffusion des ondes de T. S. F. par les électrons libres de la couche de Heaviside (couche H). M. Jouaust puis M. Fabry ont aussi attiré l'attention sur une telle diffusion.

Considérons des ondes courtes, de longueur d'onde de quelques dizaines de mètre; leur diffusion par la couche H, qui a au moins une vingtaine de kilomètres d'épaisseur, est, semble-t-il, analogue à celle de la lumière par un gaz parfait. Mais on calcule alors des effets de diffusion beaucoup trop faibles pour être observés : il faudrait multiplier par 10^5 le résultat du calcul pour obtenir une réception; ce qu'on peut encore interpréter ainsi : pour qu'il puisse y avoir réception par diffusion, il faut que les électrons libres vibrent 10^5 par 10^5 en concordance de phase. En d'autres termes, la couche H doit non pas être analogue à un gaz d'électrons, mais avoir une véritable structure.

Adoptant ce point de vue, admettons que pour une cause inconnue la couche H soit constituée par des petits nuages d'électrons relativement denses, dont les dimensions soient petites devant λ. Ces nuages seront en quelque sorte les « molécules » constituant la couche H. Rassemblant chacun de fortes charges négatives, ils vont se repousser mutuellement et s'équilibrer à une distance moyenne à peu près définie, si pour une raison que nous ignorons l'ensemble de la couche est stable. On aurait alors une structure analogue à la structure moléculaire d'un liquide. Soient d la distance moyenne de deux « molécules » voisines, λ la longueur d'onde incidente; la répartition de l'énergie diffusée suivant les directions ne dépend comme on le sait que du rapport $\frac{\lambda}{d}$, et non des valeurs absolues de λ et d. Si d dans la couche H est de l'ordre d'un λ d'ondes courtes, la diffusion de ces ondes par la couche H va être comparable à celle d'un rayonnement X par un liquide ou une poudre cristalline, car la distance des molécules voisines dans de tels corps est aussi de l'ordre des longueurs d'onde de rayons X.

L'analogie des rayons X va nous guider : soit un rayonnement de longueur d'onde λ

(1) *Nature*, 121, 1928, p. 245.

tombant sur la couche H de distance réticulaire d, nous aurons un maximum de diffusion très prononcé sur les génératrices d'un cône de révolution ayant pour axe la direction d'incidence, et de demi-angle au sommet θ donné par la loi de Bragg :

$$\lambda = 2d \sin \frac{\theta}{2}.$$

Ces considérations permettent d'élucider l'existence des zones de silence et leurs particularités, ainsi que le fait d'une limite inférieure des longueurs d'onde qui peuvent « passer ». Traitons simplement la propagation dans un plan vertical contenant le poste émetteur. La terre est un cercle de rayon R, la couche H, de rayon $R + h$, est concentrique. Au λ considéré correspond un θ précis. Chaque petit élément de la couche H est atteint par un rayon direct et diffuse principalement dans une direction θ à partir de ce rayon. Faisons varier l'élément considéré de la couche H ; on voit que les rayons diffusés ainsi construits ont une enveloppe qui va recouper en général la terre, *en un point qui sera précisément la limite de la zone du silence*, car il n'y a pas de rayonnement diffusé à l'intérieur de l'enveloppe.

Les calculs sont simples si l'on suppose h petit devant R. Comparons aux expériences de Holburt et Taylor. Pour les ondes de 16^m, 21^m, 32^m, 40^m, ils donnent les rayons de zone de silence suivants : 2410^{km}, 1300^{km}, 740^{km}, 324^{km} respectivement en plein jour comme moyenne d'une année. De plus, au-dessus de $\lambda = 45^m$ environ il n'y a plus de zone de silence. Cette dernière donnée nous oblige à prendre $d = 22^m$. En prenant $h = 360^{km}$ pour faire cadrer au mieux le calcul et les faits, nous obtenons par le calcul les rayons suivants : 2400^{km}, 1500^{km}, 710^{km}, 325^{km}, pour les ondes de 16^m, 21^m, 32^m, 41^m.

La dernière longueur d'onde qui peut passer s'obtient pour la dernière enveloppe tangente à la terre au lieu de la couper. On l'obtient par les formules simples

$$\lambda = 2d \sin \frac{\theta}{2} \qquad \text{et} \qquad \cos \frac{\theta}{2} = \frac{R}{R + h}.$$

$h = 360^{km}$ nous donne ici $\lambda = 14^m$, en moyenne conforme à l'expérience. Les grandes variations des zones de silence qui s'observent s'expliquent ici par des variations *relativement bien plus faibles* de d, ou assez fortes de h, dont la valeur moyenne 360^{km} trouvée par nous paraîtra peut-être un peu forte, quoique acceptable.

Un autre point est à signaler : l'énergie des rayons diffusés est accumulée le long de l'enveloppe, un peu comme pour une caustique ; le bord de la zone de silence va donc être une région de réception intense, et les moindres variations de h et de d y créent un fading également intense. Enfin l'énergie diffusée par un élément ne l'est pas uniquement dans la direction θ, il y a en plus une diffusion très faible à peu près inorientée : elle explique bien les réceptions faibles d'Ekersley dans les zones de silence. Il *faut* donc faire appel à la diffusion ; nous pensons avoir montré qu'elle suffirait peut-être à expliquer l'ensemble des faits concernant les ondes courtes.

PHOTOCHIMIE. — *Action des rayons lumineux sur le chlorure de potassium.* Note (1) de MM. **Jacques Risler** et **Foveau de Courmelles**, présentée par M. Bazy.

Le rôle spécifique du potassium dans l'automatisme de la fonction cardiaque a été particulièrement étudié par Zwardemaker qui a montré pour la première fois les variations de cet élément avec les saisons.

Recherchant l'origine de ces variations, nous avons voulu savoir si le potassium, élément microradioactif, était influencé par la lumière ainsi que le phénomène avait été constaté par Mlle Maracinéanu pour d'autres éléments.

Suivant la technique indiquée par Mlle Maracinéanu pour l'ionium et le polonium et décrite dans les *Comptes rendus*, nous avons exposé à la lumière du soleil différents échantillons de chlorure de potassium après les avoir étendus au préalable sur une plaque de verre. Après l'irradiation, les échantillons ont été ensuite placés en chambre noire sur des plaques photographiques Gévaert Sensima après l'interposition entre la plaque et le sel de minces lamelles de quartz provenant de résidus de soufflage. Ces lamelles sont destinées à empêcher toute impression d'ordre chimique. Cette méthode indiquée par Mlle Maracinéanu pour l'observation grossière des variations des constantes de radioactivité nous a donné les résultats suivants en ce qui concerne le chlorure de potassium exposé au soleil :

Chlorure de potassium exposé au soleil (durée d'exposition T = 15').

Durée nécessaire pour obtenir une impression photographique (noyaux et points auréolés).	31 jours
	35 »
	28 »
	26 »
	29 »
	24 »
Moyenne :	28,8 »

Différents expérimentateurs tels que Roffo n'ayant pu obtenir des impressions photographiques par le potassium que dans des durées de temps *correspondant à* 62 *et* 58 *jours minimum,* on voit donc que l'exposition au soleil

(1) Séance du 12 novembre 1928.

a abaissé de moitié le seuil de la réaction photographique par le rayonnement microradioactif.

Ce résultat curieux nous a conduits à rechercher l'action des principales régions du spectre lumineux dans l'apparition du phénomène. Dans ce but, en raison de l'absorption due à l'interposition d'un prisme sur le trajet du faisceau lumineux, nous avons irradié des échantillons de chlorure de potassium avec des sources lumineuses aussi sélectées que possible. Ces sources ont été les suivantes : 1° brûleur ultraviolet sans filtre; 2° brûleur ultraviolet avec filtre à l'oxyde de nickel, épaisseur 5^{mm}, longueur d'onde transmise = 3650 U. A.; 3° lampe à néon verre rubis transmettant l'orangé et le rouge; 4° lampe à incandescence avec filtre ébonite pour la sélection des premières marges de l'infrarouge. Les résultats ont été les suivants :

Durée d'exposition (T = 15°).

	U. V. sans filtre.	U. V. oxyde nickel, longueur d'onde 3650.	Lumière orangée et rouge.	I. R.
Durée nécessaire pour obtenir une impression photographique	22 jours	38 jours	40 jours	55 jours
	18 »	35 »	41 »	70 »
	21 »	39 »	48 »	pas d'impression
	15 »	32 »	49 »	pas d'impression
Moyenne....	19 jours	36 jours	44 jours	

On voit donc que c'est dans la partie ultraviolette du spectre que l'action activante a été la plus marquée.

L'activation du chlorure de potassium par les rayons lumineux explique donc la constatation de Zwardemaker montrant qu'une quantité plus réduite qu'en hiver est suffisante en été pour rétablir le battement de cœur de grenouilles privées au préalable de cet adjuvant microradiooctif (hiver : 52 microcuries; été : 27 microcuries).

Cette augmentation de la microradioactivité du chlorure de potassium sous le rayonnement lumineux explique encore le rôle particulièrement énergique que joue cet élément sur la croissance des plantes, lorsqu'on a pris soin de l'insoler dans certaines conditions. Dans des expériences répétées sur des cultures différentes, nous avons constaté nous-mêmes cette activation qui ne fait que généraliser l'action bien connue des éléments radioactifs.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Réaction du bromure d'allyle β éthylé sur le bromure d'éthylmagnésium.* Note de M. **Charles Prévost**, présentée par M. Charles Moureu.

Le bromure d'allyle réagit très aisément sur les halogénures organomagnésiens, formant, avec de bons rendements, des carbures 1 éthyléniques.

On pouvait attendre de ses homologues une réaction parallèle.

Cependant, les réactions qui mettent en jeu le radical allyle β substitué sont en général accompagnées de transpositions partielles ou totales du dérivé normalement prévu. Ces transpositions s'expliquent, dans une théorie que j'ai développée ([1]), par la possibilité de souder le nouveau radical négatif à l'un ou l'autre des pôles positifs de l'ion tripolaire

$$R - CH^{+} - CH^{-} - CH^{2+}, \qquad \text{(I)}$$

que constitue un reste allylique. Les réactions du bromure d'allyle lui-même n'échappent à cette anomalie qu'à cause de la symétrie de l'ion allylique non substitué

$$CH^{2+} - CH^{-} - CH^{2+}.$$

En ce qui concerne les homologues β alcoylés, j'ai cherché à effectuer du premier coup une réaction tout à fait démonstrative, c'est-à-dire donnant lieu à une transposition partielle. Les conditions qui m'ont semblé nécessaires étaient celles-ci : choisir le radical de l'organomagnésien assez peu électronégatif pour éviter la saturation exclusive du pôle primaire; choisir le radical R de telle façon que l'ion (I) soit aussi peu électrostatiquement dissymétrique que possible. Le choix de C^2H^5MgBr et de $C^2H^5CH = CH - CH^2Br$ semblait répondre à ces conditions, C^2H^5 étant peu négatif et d'une polarité très voisine de celle de H; il avait en outre l'avantage de réaliser les meilleures conditions expérimentales.

La réaction de ces deux corps s'est faite avec une grande facilité donnant naissance à deux carbures éthyléniques :

$$C^2H^5CH = CH - CH^2 - C^2H^5 \quad \text{et} \quad C^2H^5 - CH(-C^2H^5) - CH = CH^2,$$

le second étant 4 à 5 fois plus abondant que le premier.

([1]) Charles Prévost, *Annales de Chimie*, 10e série, 10, 1928, p. 118 et suiv.

Des carbures ayant respectivement les formules ci-dessus sont décrits dans le traité de Beilstein,

Le premier a été préparé plusieurs fois; les constantes que j'ai mesurées :

$$Eb = 94^\circ;\quad n_{22} = 1,4017;\quad D_{22} = 0,7010;\quad R.M. = 34,00\ (\text{th. } 33,92 \text{ et } 34,06)$$

sont en bon accord avec celles de deux auteurs, en désaccord avec d'autres, mais rigoureusement égales à celles de l'heptène 1. Il était donc nécessaire de distinguer mon carbure de ce dernier.

Par oxydation permanganique, j'ai obtenu des quantités sensiblement équimoléculaires d'acides propionique et butyrique à l'exclusion de tout autre acide.

Le second carbure est donné comme bouillant à 98°, chiffre notablement trop élevé, dénotant une erreur sur la constitution du carbure décrit; le mien a les constantes ci-dessous :

$$Eb = 85^\circ;\quad n_{22} = 1,3966;\quad D_{22} = 0,6948;\quad R.M. = 33,94.$$

Il a été analysé. De plus, il fixe exactement la quantité de brome théorique, fixation qui conduit à un dibromure non décrit :

$$Eb = 93^\circ,5 \text{ sous } 15^{mm};\quad n_{24} = 1,5006;\quad D_{24} = 1,5251;\quad R.M. = 49,81\ (\text{th. } 50,06).$$

Ce dibromure sous l'action de la potasse alcoolique donne un acétylénique nouveau présentant des propriétés assez curieuses et dont l'étude sera poursuivie; voici ses constantes :

$$Eb = 87^\circ;\quad n_{22} = 1,4023;\quad D_{22} = 0,7272;\quad R.M. = 32,24\ (\text{th. } 32,43).$$

Il précipite NO^3Ag aqueux ou ammoniacal, l'alcool dissout facilement ce précipité; aucune réaction visible sur NO^3Ag alcoolique. Le précipité cuivreux est soluble dans un excès de carbure, et dans l'éther; la solution jaune d'or intense laisse par évaporation des cristaux jaunes qui fusent au contact d'un corps chaud.

La formation d'un acétylénique vrai laissait peu de doutes sur la formule du second carbone: son oxydation permanganique ménagée a donné des petites quantités d'acide diéthylacétique identifié par son point d'ébullition et l'analyse de son sel d'argent.

Il est donc établi sans ambiguïté que la réaction se fait avec transposition partielle et conduit bien aux deux isomères prévus.

Leur séparation n'offre pas de difficultés sérieuses; trois ou quatre rectifications minutieuses suffisent pour isoler pratiquement tout le second et les trois quarts du premier moins abondant.

J'ai recueilli, de plus, une petite quantité d'un mélangede carbures $C^{10}H^{18}$

provenant du doublement du radical β éthylallyle sous l'influence d'un petit excès de magnésium en suspension dans l'organomagnésien.

La généralisation de cette réaction sur les homologues des deux réactifs et son extension à des molécules plus complexes sont en cours.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la combustion lente du triacontane.* Note de M. **Stanislas Landa**, présentée par M. Charles Moureu.

Dans une Note précédente [1] et dans un Mémoire présenté à la Société chimique de France [2], j'ai montré que pendant la combustion lente de la paraffine blanche il se forme des aldéhydes telles que les aldéhydes propionique, butyrique, œnanthylique, caprylique, nonylique, caprique et undécylique, également les alcools méthylique et éthylique, l'acétone et la méthyléthylcétone.

J'ai soumis à la combustion lente dans les mêmes conditions le triacontane normal $C^{30}H^{62}$, hydrocarbure ne possédant pas de chaînes ramifiées, préparé par électrolyse de l'acide palmitique pur.

Les produits de combustion sont formés de gaz ayant la composition suivante :

CO^2	0,49 pour 100	CO	1,65 pour 100
C^nH^{2n}	0,47 »	CH^4	0,0 »
O	16,63 »	N^2	» »
H^2	0,00 »		

de produits solubles dans l'eau et de produits huileux, insolubles dans l'eau, dont une certaine proportion se solidifie à la température ordinaire.

La quantité de produits solubles dans l'eau n'était pas très considérable. Cette fraction dégageait une forte odeur d'aldéhydes et en donnait toutes les réactions. Elle contenait également une assez forte proportion d'acide formique (2 pour 100 environ du triacontane soumis à la combustion). Je n'ai pas réussi à déceler dans cette partie la présence d'alcools et de cétones, comme cela avait été précédemment le cas lors de la combustion de la paraffine commerciale.

Les produits huileux, insolubles dans l'eau, ont été rectifiés dans le vide (20^{mm} de Hg). Quatre fractions ont été recueillies :

(1) *Comptes rendus*, **186**, 1928, p. 589.
(2) *Bull. Soc. chim. de France*, **43**, 1928, p. 529.

a. 70°-100°C	8 pour 100	dont 28,8 pour 100 sont des acides
b. 100°-150°C	13,8 »	33 »
c. 150°-200°C	6,9 »	45 »
d. 200°-250°C	14 »	52,5 »
e. Résidu	57,3 % (C % 78,78; H % 12,38; O % 8,84)	

Par action du carbonate de soude j'ai séparé dans ces fractions les acides des autres corps. Les acides sont des acides gras. Dans la fraction *a*, j'ai identifié les acides butyrique et valérique.

Les corps résiduels, débarrassés des acides, sont constitués par des aldéhydes. J'ai décelé dans la première fraction la présence des aldéhydes capronique et œnanthylique. Les fractions supérieures, débarrassées des acides, ne contiennent également que des aldéhydes, car leur masse entière réagit avec dégagement de chaleur en présence de bisulfite. Les aldéhydes régénérées des dérivés bisulfitiques obtenus donnent une coloration violette avec le réactif de Schiff et s'oxydent facilement par le protoxyde d'argent.

Le fait que dans les produits de combustion du triacontane n'existent ni cétones ni alcools, amène à cette conclusion, comme je l'avais suggéré dans mes essais antérieurs ([1]), que les cétones ou alcools résultent seulement de la combustion d'hydrocarbures présentant des chaînes ramifiées. Il manque à cette conclusion, pour être entièrement établie, des essais de combustion d'hydrocarbure défini et à chaîne ramifiée auxquels je compte procéder prochainement.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la formation de l'alcool allylique. Pyrolyse des formines de la glycérine.* Note de MM. **Raymond Delaby** et **Pierre Dubois**, présentée par M. A. Béhal.

La préparation de la monoformine 1 et des diformines 1.2 et 1.3 de la glycérine, ainsi que l'isolement d'une monoformine et d'une diformine du produit de l'estérification directe de la glycérine par l'acide formique, ont été décrits dans une Note récente ([2]). Nous exposons aujourd'hui la décomposition de tous ces esters, sous l'action de la chaleur : les produits gazeux, aussi bien que les produits liquides de ces pyrolyses ont été déterminés quantitativement, pour nous permettre de déduire la composition

([1]) *Loc. cit.*

([2]) R. Delaby et P. Dubois, *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 767.

des formines d'estérification directe. Dans cette courte Note, nous ne pouvons rapporter que les conclusions de ce travail expérimental long et délicat.

La monoformine d'estérification et le composé titrant 72 pour 100 en monoformine 1 (le reste étant de la glycérine) se décomposent en vase clos et dans le vide, entre 250° et 315°, en donnant, comme produits gazeux essentiels, CO et CO^2, et accessoirement de l'hydrogène et des carbures saturés. Rapportée à une molécule-gramme de formine, la somme $CO + CO^2$ est toujours voisine de $22^l,4$, entre 260 et 300° pour la première, entre 274 et 300° pour le second; au delà le volume total croît, ce qui correspond à une décomposition de la glycérine résiduaire. L'allure des courbes des dégagements gazeux respectifs de CO et de CO^2 en fonction de la température est tout à fait différente pour ces deux monoesters. Ceux-ci ne se comportent pas non plus de la même manière à la pyrolyse effectuée à la pression ordinaire. La monoformine d'estérification fournit environ 57 pour 100 de la théorie en alcool allylique libre ou combiné à l'état de formiate d'allyle, tandis que la monoformine 1 à 87 pour 100 n'en donne que des traces de l'ordre de 4 pour 100. En outre, la décomposition est régulière dans le premier cas jusqu'à 235°, brusque dans le second dès qu'on atteint 220°.

La monoformine d'estérification n'est pas un mélange équimoléculaire de glycérine et de diformine, car celle-ci ne donne, dans les meilleures conditions, que 72 pour 100 environ de la théorie en alcool allylique. Pour pouvoir comparer la pyrolyse des monoesters, en tenant compte de la présence de la glycérine restante dans la monoformine 1, nous avons décomposé la monoformine d'estérification mélangée à 16 pour 100 de glycérine : il n'y a pas décomposition brusque à 220° et le rendement en alcool allylique total a été de 22 pour 100. La monoformine d'estérification ne contiendrait donc que très peu de monoformine 1, et son principal constituant serait l'isomère 2. Nous n'avançons cette conclusion qu'avec réserve, car on ne connaît pas de méthode commode de préparation de la monochlorhydrine 2 pure ([1]), qui nous eût permis, peut-être, d'atteindre la monoformine correspondante. D'ailleurs, l'estérification directe fournit principalement une diformine, et c'est à la détermination de sa composition que nous nous sommes surtout attachés.

Pour les diformines 1.2 et 1.3, aussi bien que pour la diformine d'esté-

([1]) Cf. A. Fairbourne et G. Forster, *Chem. Soc.*, 129, 1926, p. 3148 et 3151.

rification, la somme $CO + CO^2$ est voisine de $44^l,8$ entre 255 et 310° environ. La comparaison des courbes des quantités de CO et de CO^2 dégagés dans le vide et en vase clos en fonction de la température (une dizaine de points déterminés pour chacune d'elles) montre qu'entre 252 et 272°, celles de la diformine d'estérification se place entre celles des diformines de constitution connue : cette diformine d'estérification serait donc un mélange de ces deux esters.

La détermination quantitative des produits liquides issus de la pyrolyse à la pression ordinaire donne, d'autre part, les résultats suivants rapportés à une molécule-gramme de diformine :

	Diformine 1.3.		Diformine 1.2.		Diformine d'estérification.	
	I.	II.	I.	II.	I.	II.
Eau	15,9	18,1	13,5	11,8	15,6	16,8
Acide formique libre	9,8	10,2	11,8	18,6	10,7	11,7
Alcool allylique libre	9,4	7,1	12,1	19,8	13,4	10,9
Formiate d'allyle	52,7	59	44,7	35,1	42,8	47,8
Alcool allylique total	45	46,8	42,2	43,3	42,2	43,2

Ces résultats montrent la prédominance dans le mélange de l'isomère 1.2. D'ailleurs, si, comme nous le pensons, le produit principal de l'estérification initiale est une monoformine 2, l'estérification ultérieure ne peut aboutir qu'à un mélange riche en diester asymétrique.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Le Delta fossile du Niger Sahélien.* Note de M. **Raymond Furon**, présentée par M. L. Cayeux.

En 1909, 1913 et 1918, René Chudeau (¹) émettait, à titre d'hypothèse, « presque de certitude », cette idée que pendant le glaciaire européen, le Niger ne dépassait pas Tombouctou à l'Est, mais tournait vers le Nord en direction du Djouf.

Ayant parcouru la plus grande partie du Sahel soudanais, j'ai repris l'étude de l'hydrographie ancienne. Aidé par les progrès de la topographie et mes observations géologiques, j'ai constaté que le Niger quaternaire avait

(¹) René Chudeau, *Sahara soudanais*, 1909, p. 226 (Paris, Colin); *La zone d'inondation du Niger* (*Bull. Soc. Géogr. Comm. de Paris*, 35, 1913, p. 569-587); *La dépression du Faguibine* (*Ann. Géogr.*, 27, 1918, p. 43-60).

étendu son delta sur le Macina et le Hodh, très au Nord de son cours actuel.

Les anciens bras de ce delta fossile sont encore marqués par des chapelets de mares et une végétation plus vigoureuse que celle du reste de la région.

Au point de vue topographique, nous savons maintenant que l'altitude du Nord de la plaine est moindre que celle de la vallée du Niger.

Le Niger ancien. — J'indiquerai ici les principaux bras seulement et leur donnerai un nom en l'absence de toute appellation indigène.

Le *bras de Sokolo* quitte la rive gauche du Niger actuel au coude situé un peu en amont de Sansanding.

Ce bras garde la direction du Nord jusqu'aux environs de Sokolo (120^{km}), à l'Est du village de Diébal.

Là il se divise en deux bras principaux : le bras du Débo qui aboutit au lac Débo à l'Est, et le bras de Bacikounou qui coule vers le Nord.

Le bras du Débo passe aux environs d'Alatona, au puits de Massabougou, aux mares de Matou, de Fori-Maounédé, à Sidi-Baba et Toulébambi.

Le bras de Bacikounou est marqué par les mares Zéguénékoro, Domoukoro, Kadiate, Dionga, El Beda, Taleh, Akor, Tichlitt-Mbarek, Khera el Khabbera et l'oued Akoumban.

Dans la région de Bacikounou, le fleuve se divisait en deux branches principales :

L'une, que j'appellerai *bras de Sonni Ali*, se dirigeait vers l'Est et allait rejoindre le lac Faguibine;

L'autre, *le bras d'Ourkem*, coulait vers l'Ouest et le Hodh.

Comme je l'ai signalé dans une Note précédente [1] la plaine du Macina communique largement avec la plaine du Hodh et trois bras du Niger passaient entre Nara et Néma : les bras d'Ourkem, de Fodéré et de Nara.

Le bras de Nara quittait le bras de Sokolo au nord de Molodo et pénétrait dans le Hodh dans la région de Nara et de la mare de Kaouach.

Le bras de Fodéré quittait le bras de Bacikounou vers la mare de Tichlitt Mbarek et passait dans le Hodh à la mare de Fodéré, au sud du puits de Kaossa.

Le bras d'Ourkem continuait le bras de Bacikounou, passait aux environs du puits de Niout et aboutissait à la mare d'Ourkem.

---

[1] RAYMOND FURON, *Observations géologiques dans le Hodh (Cercle de Néma, Soudan français)* (*Comptes rendus* 187, 1928, p. 354-355).

Qu'en advenait-il au delà? La région est trop peu connue pour qu'il soit possible de répondre avec certitude, bien que j'aie observé des alluvions anciennes très au nord de la mare d'Ourkem.

Il me paraît probable que les eaux du Niger drainées vers le Nord-Ouest devaient arriver à la trouée d'Enji qui met en communication l'Aouker et le Djouf occidental.

Conclusion. — Au Quaternaire ancien et moyen, l'écoulement des eaux du Niger étant impossible vers l'Est (seuils de El Hadjeirat et de Tosaye) se faisait vers le Nord, vers le Djouf qui était alors un immense lac dont les eaux pouvaient se déverser dans l'Atlantique par la trouée du Khat (Mauritanie). Un immense delta recouvrait tout le Macina : un bras aboutissait dans le Djouf oriental par le lac Faguibine, un autre passait dans le Djouf occidental par la trouée d'Enji.

CYTOLOGIE. — *La réduction chromatique chez* Drosophila melanogaster *et la théorie du crossing-over.* Note de MM. **E. Guyénot** et **A. Naville**, présentée par M. Caullery.

Bien qu'ayant été largement utilisée pour la construction de la théorie chromosomique de l'hérédité, la génétique de la Drosophile n'est pas assise sur une connaissance suffisante de la réduction chromatique dans cet organisme. Les études de Stevens, de Metz et de Huettner ont porté sur les cinèses de maturation, mais la préméiose est restée dans l'ombre. Récemment d'ailleurs, Jeffrey et Hicks (1925) ont relaté des observations d'après lesquelles, au cours de la première division réductionnelle, les chromosomes seraient en nombre inconstant, se rendraient irrégulièrement aux pôles, tandis que certains seraient même rejetés dans le cytoplasme. Un comportement aussi aberrant rappelle celui des bâtards d'espèces; pour les auteurs, il serait la signature de l'état hybride de la Drosophile, renverserait la théorie de l'hérédité, édifiée par Morgan et ses collaborateurs, et apporterait la preuve que les « soi-disant mutations » ne sont que la conséquence d'une ségrégation très complexe. Nos recherches nous ont permis d'établir les points suivants :

1° La numération de centaines de cinèses somatiques ou germinales apporte la preuve absolue de la constance numérique, de l'individualité et du dimorphisme sexuel des chromosomes.

2° Nous avons pu suivre l'évolution nucléaire des spermatocytes I, y

compris la phase préméiotique. Le noyau de l'auxocyte renferme des inclusions sidérophiles présentant certaines analogies avec des corps mitochondriaux, qui se fragmentent en boules, bâtonnets, simulant des chromosomes et venant souvent obscurcir la figure cinétique. Le choix d'une technique appropriée (fixateur, différenciation très poussée) permet de séparer ces éléments sidérophiles des véritables chromosomes. C'est par suite de l'emploi d'une technique tout à fait inadéquate que Jeffrey et Hicks ont été amenés à formuler une interprétation inexacte.

Les chromosomes forment des tétrades en nombre constant et toujours reconnaissables grâce à leurs formes caractéristiques. C'est à la première cinèse que sont ségrégés les hétérochromosomes. Par contre, on n'observe aucune figure correspondant au schéma classique du crossing-over; celui-ci d'ailleurs n'existe pas chez les mâles.

3° Nous avons pu de même suivre la phase préméiotique dans l'ovocyte I. Les figures y sont identiques à celles de la spermatogenèse et aucun stade ne correspond non plus au croisement et à l'enroulement par paires des chromosomes, tels que les suppose la théorie du crossing-over.

4° Ce dernier résultat est d'autant plus curieux que les prophases de toutes les cinèses somatiques (embryonnaires et goniales) montrent *toujours* un accouplement des chromosomes qui s'enroulent les uns autour des autres. C'est là où la théorie suppose le plus impérieusement la présence de ce comportement, représentatif du crossing-over, qu'il fait précisément défaut. Comme les résultats génétiques ne conduisent à admettre qu'un seul crossing-over, au cours de la formation des gamètes femelles, on arrive à cette conclusion paradoxale que les nombreuses divisions de la lignée germinale sont accompagnées de crossing-over morphologiques sans efficacité génétique et doivent être suivies d'un crossing-over génétique non représenté morphologiquement. Nos observations nous ayant montré que les chromosomes semblent réapparaître, au début de la préméiose, sous forme de fragments se soudant bout à bout, nous supposons que des erreurs, au cours de cette morphogenèse des chromosomes, peuvent réaliser ces échanges de parties qui conditionnent les recombinaisons factorielles. Si un tel mécanisme est réel, les conclusions tirées de l'étude du crossing-over, concernant l'arrangement linéaire des gènes, restent entièrement valables.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Les conditions d'action de l'asparaginase de l'*Aspergillus niger. Note [1] de M. **D. Bach**, présentée par M. Béhal.

Shibata [2] a signalé en 1903, dans le mycélium d'*Aspergillus niger*, l'existence d'une diastase capable de transformer l'asparagine en aspartate d'ammoniaque, par hydratation de la fonction amidée. Les conditions opératoires de l'auteur ne lui ont d'ailleurs pas permis d'obtenir une hydrolyse importante. Dernby [3] a retrouvé ce ferment dans la levure de bière mais n'a pas poussé plus loin son étude. Au cours de mes études sur l'hydrolyse de l'asparagine, j'ai été amené à étudier cette diastase dans le mycélium de l'*Aspergillus niger*.

La technique suivie a été essentiellement la suivante. La poudre fermentaire, obtenue par lavages à l'eau distillée et dessiccation à basse température de cultures de 3 à 4 jours, est mise en présence de solutions d'asparagine, à 0,50 pour 100 généralement, additionnées de tampons et amenées à une concentration en ions H déterminée. On utilise comme tampons un mélange de solutions N/100 de phtalate, phosphate, borate empruntées aux échelles colorimétriques de Clark et Lubs. L'effet régulateur de ce mélange s'étend de pH 2 à pH 10. Après un certain temps de contact, 21 heures le plus souvent, on sépare la poudre par filtration et dose l'ammoniaque apparue par entraînement à la vapeur d'eau et titrage acidimétrique. De la quantité d'ammoniaque formée, on déduit le pourcentage d'asparagine hydrolysée. Tous les essais sont effectués en présence de toluène.

Le ferment n'est actif que dans les milieux sensiblement neutres ou faiblement alcalins, de pH 6,5 à pH 10 environ, avec un optimum entre pH 8,4 et pH 8,6. Cette zone d'action est donc située tout entière du côté alcalin du point isoélectrique de l'asparagine, à pH 4,5 [Bach [4]]. On voit également que l'assimilation de l'asparagine par le champignon peut normalement s'effectuer sans l'intervention de cette diastase, puisque l'*Aspergillus niger* s'accommode généralement de milieux plus acides que pH 6 et peut y utiliser normalement et complètement l'asparagine.

(1) Séance du 12 novembre 1928.
(2) K. Shibata, *Beitr. z. Chem. Physiolog.*, 5, 1903, p. 384.
(3) K. G. Dernby, *Bioch. Zeitschr.*, 81, 1917, p. 107.
(4) D. Bach, *Bull. Soc. Ch. biolog.*, 9, 1927, p. 384.

L'optimum de température se trouve à 42°, quand la réaction du milieu est égale à pH 8,6. Mais il peut varier quand la concentration en ions H varie elle-même. Ainsi, à pH 7,6 l'optimum de température est ramené à 31°. Dans les deux cas, la zone d'action très étendue commence avant + 7° et s'étend jusqu'à + 70°.

Quand la concentration du substrat (asparagine) augmente, la quantité d'ammoniaque apparue en 21 heures tend vers une limite qui, à partir de 1 pour 100 d'asparagine, est indépendante de la concentration du substrat.

Comme l'avait observé Dernby (*loc. cit.*), on n'arrive jamais à obtenir l'hydratation complète de tout l'azote amidé. Si l'on prolonge le temps de contact, la réaction tend vers une limite qui, dans les cas les plus favorables (pH = 8,6, T = 42°, asparagine = 0,50 pour 100, poudre fermentaire 1 pour 100), ne dépasse pas 80 pour 100 de la quantité d'asparagine mise en œuvre. La vitesse d'hydrolyse, après avoir été pratiquement constante au cours de la première journée, diminue ensuite rapidement, comme il ressort du tableau ci-dessous :

Durée en heures.....	6.	12.	18.	24	36.	48.	72.	96.	216.
Pour 100 d'asparagine hydrolysée.........	16,6	26,0	36,1	47,1	60,3	68,2	71,5	74,6	76

Ce freinage de la réaction est dû principalement à la destruction du ferment au cours de la macération. J'ai d'ailleurs observé qu'en présence d'asparagine l'auto-destruction de l'enzyme était retardée. L'effet protecteur de l'asparagine, pour une dose donnée d'enzyme, est proportionnel à sa concentration. Ainsi, en son absence, la destruction de l'asparaginase est pratiquement totale en 24 heures. Mais avec 0,50 pour 100 d'asparagine et 0,10 pour 100 de poudre fermentaire la vitesse de la réaction, au 17e jour, est encore presque égale à la vitesse initiale.

Cette action protectrice de l'asparagine s'explique le plus commodément par l'existence d'une combinaison entre l'enzyme, et le substrat, suivant l'hypothèse de Michaelis-Menten. Cette combinaison est le premier stade obligatoire de la réaction diastasique et a ainsi, pour premier effet, de soustraire l'enzyme aux causes d'auto-inactivation.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la répartition du potassium dans l'organisme animal.* Note de MM. **Albert Leulier**, **Léon Velluz** et **Henri Griffon**, présentée par M. A. Desgrez.

Le microdosage du potassium, en solutions pures, peut se faire sous forme de cobaltinitrite, en observant certaines précautions que nous avons précisées récemment (1). Dans les tissus et organes, cette technique s'applique intégralement, à la condition de les minéraliser. Voici comment nous opérons :

15 à 20^{cg} de tissu ou d'organe sont placés dans un tube à centrifuger cylindrique, en verre Pyrex, et de 15^{cm^3} environ de capacité. On verse sur ce fragment $0^{cm^3},5$ du mélange préconisé par Lematte, Boinot et Kahane (2) :

Acide sulfurique	$3^{cm^3},5$
Acide perchlorique	$6^{cm^3},5$

Le tube, incliné et disposé sur une toile d'amiante, est chauffé à la lampe à alcool. En opérant avec précautions, la destruction se fait régulièrement, sans projections, et s'achève en 30 à 45 minutes le plus souvent. Elle peut cependant être plus longue dans le cas d'organes riches en corps gras. Après refroidissement du liquide limpide ainsi obtenu, on ajoute 2^{cm^3} d'eau distillée et l'on neutralise par le carbonate de lithium pur, mis en très léger excès, en évitant les projections. L'excès de carbonate est décomposé par quelques gouttes d'acide acétique; on ajoute alors 2^{cm^3} de nitrite de sodium à 20 pour 100, puis $0^{cm^3},5$ d'acide acétique. Après 30 minutes au bain-marie bouillant, le liquide est refroidi. On opère le dosage suivant la technique habituelle, en tenant compte de ce que le volume de la liqueur finale est voisin de 5^{cm^3}.

Voici les résultats obtenus en ce qui concerne le cobaye (moyenne de deux résultats concordants) :

---

(1) A. Leulier, L. Velluz et H. Griffon, *Sur le microdosage du potassium sous forme de cobaltinitrite* (*Bull. Soc. Ch. biol.*, **10**, 1928, p. 891).

(2) Lematte, Boinot et Kahane, *Dosage des minéraux contenus dans les principaux organes utilisés en opothérapie* (*J. Ph. Ch.*, 5, 1927, p. 335).

I. — *Tissus musculaires* (¹).

	Petit intestin.	Cœur.	Muscle de la cuisse.
	2,49	4,15	5,40
	2,52	3,89	5,49
	2,67	4,00	5,45
	2,54	3,99	5,47
	2,50	3,99	5,74
	-	3,88	6,10
	-	3,68	5,81
	-	4,11	6,06
	-	-	5,06
Moyennes.....	2,54	3,96	5,62

II. — *Organes* (¹).

Rate.	Poumons.	Surrénales.	Foie.	Reins.	Vessie.
5,53	4,34	5,20	4,76	4,31	4,24
5,99	4,13	4,61	4,80	3,69	3,68
-	4,84	5,38	4,67	4,19	4,80
-	3,87	5,22	-	-	3,53
-	-	4,62	-	-	4,54

Les résultats ci-dessus concernent des cobayes, mâles ou femelles, de poids et d'âge très variables. La teneur en potassium des tissus musculaires et organes étudiés paraît cependant varier entre des limites assez rapprochées. Cette constance apparaît particulièrement dans le cas du petit intestin, du cœur et du muscle de la cuisse qui correspondent aux types physiologiques : muscle lisse involontaire, muscle strié involontaire et muscle strié volontaire. Nous remarquons que le taux du potassium y croît sensiblement du simple au double, d'un type extrême à l'autre; le muscle cardiaque, en quelque sorte mixte au point de vue fonctionnel, présente un taux moyen intermédiaire. Les variations observées ne peuvent être attribuées à une inégalité de la teneur en eau du muscle étudié. Cette teneur a été déterminée sur cinq cobayes :

(¹) Résultats en grammes de potassium pour 1000 de tissus ou d'organes frais.

Eau en grammes pour 1000 *de tissu frais.*

	Petit intestin.	Cœur.	Muscle.
	860	801	758
	840	800	752
	874	812	771
	876	814	755
	860	806	751
Moyennes....	862	907	757

d'où l'on peut déduire

Potassium en grammes pour 1000 *de tissu sec.*

Petit intestin....................................	18,4
Cœur..	20,2
Muscle de la cuisse...............................	23,1

Ces données extrêmement nettes dans le cas du cobaye soulignent la dépendance mutuelle entre la différenciation des fibres musculaires et leur teneur en potassium.

MICROBIOLOGIE. — *Sur l'adsorption du venin de cobra et de la toxine diphtérique par le charbon.* Note de M. **A. Boquet**, présentée par M. Calmette.

L'adsorption des venins par diverses substances en suspension très fine dans l'eau, ou à l'état de pseudo-solutions colloïdales (noir animal, amidon, protagon, cholestérine, caséine, etc.), est un fait bien connu depuis les travaux de Landsteiner et Raubitschek, Mintz, Zünz et d'autres auteurs. Comparable à l'adsorption des toxines, signalée pour la première fois par Roux et Yersin en 1889, elle consiste dans la formation d'un complexe dont la stabilité varie avec les conditions physico-chimiques de l'expérience et les produits mis en œuvre. En ce qui concerne le charbon (noir animal, charbon de bois pulvérisé), les résultats diffèrent, toutes choses égales d'ailleurs, selon la grosseur des particules en suspension dans le liquide vecteur et leur pureté ; c'est pourquoi, disposant de cette substance à l'état de grains d'une extrême finesse (Norrit supra), nous reprenons l'étude de l'adsorption des venins et des toxines, en vue de préciser les caractères du phénomène et les propriétés biologiques du complexe qui en résulte. Voici,

en résumé, les constatations que nous avons faites au cours de nos expériences préliminaires.

50^{mg} de venin de cobra desséché sont dissous dans 50$^{cm^3}$ d'eau physiologique (pH : 6,8), puis additionnés de 1^{g} de charbon stérilisé; on agite, on laisse le mélange en contact pendant 2 heures au laboratoire ou à l'étuve et l'on filtre sur papier jusqu'à ce que le liquide s'écoule limpide.

Le filtrat, l'adsorbant ainsi séparé et la suspension telle quelle se montrent également inoffensifs. On peut en injecter au cobaye et à la souris, par la voie sous-cutanée, des quantités correspondant à 125 doses mortelles, au minimum, sans observer aucun des signes immédiats ou tardifs, locaux ou généraux, de l'envenimation. Les lapins supportent, sans dommage, 20^{mg} de venin adsorbé, injecté sous la peau et, en injection intraveineuse, une dose de filtrat équivalant à 100^{mg} de ce poison.

Cette inactivation du venin par le charbon est presque *instantanée* et indépendante de la température, au moins entre 12 et 38°; 8 à 10 secondes de contact au laboratoire ou à l'étuve suffisent. Elle s'effectue avec la même énergie *dans le sérum pur* de cheval que dans l'eau physiologique.

La dose minimum active de charbon varie avec la concentration du poison dissous : 20 à 25^{mg} adsorbent 1^{mg} de venin en solution à 1 pour 1000 dans l'eau physiologique; mais la même dose laisse une petite quantité de venin libre dans une solution à 1 pour 500 (titrage sur la souris).

Ni la chaleur (chauffage à 70° pendant 30 minutes), ni les acides (0$^{cm^3}$,2 à 0$^{cm^3}$,5 pour 10 de HCl N/10) ne libèrent le venin fixé sur le charbon.

Les cobayes qui ont reçu sous la peau, en une ou deux injections, 5 à 25^{mg} de *venin adsorbé*, succombent lorsqu'on leur injecte, 3 ou 4 semaines plus tard, trois doses mortelles du même poison dissous; chez quelques-uns toutefois, la mort ne survient que 8 à 24 heures après celle des témoins. De même une ou deux injections sous-cutanées (cobayes) ou intraveineuses (lapins) de filtrat, correspondant à 10 et 50^{mg} de venin, ne protègent pas les animaux contre trois doses mortelles. Donc absence d'immunité ou immunité faible.

Inoculés sous la peau à trois reprises, à 8 jours d'intervalle, avec 180, 80 et 120^{mg} de venin adsorbé, les lapins fournissent un sérum (saignée 11 jours après la dernière injection) qui flocule avec une quantité égale d'une solution à 5 pour 1000 de venin chauffée une demi-heure à 70° et filtrée sur papier; ce qui démontre que, malgré l'absence de tout symptôme d'intoxication, une partie des protéines liées au venin et adsorbées par le charbon

sont libérées dans l'organisme. Nous reviendrons sur ce point et sur les propriétés neutralisantes des sérums ainsi obtenus.

L'adsorption peut être réalisée in vivo quand on injecte successivement, dans la cavité péritonéale, ou au même endroit, sous la peau du cobaye, d'abord 50 à 100^{mg} de charbon en suspension dans l'eau physiologique, puis, *moins de* 6 *minutes après*, deux doses mortelles de venin ; les animaux ainsi traités survivent. Lorsque l'adsorbant est injecté *moins de* 6 *minutes après le venin* et au même point, sous la peau, l'intoxication est simplement ralentie.

Mise en contact avec le charbon, la toxine diphtérique, diluée à 1 pour 50 dans l'eau physiologique, se comporte exactement comme le venin : les cobayes supportent sans incident des quantités de filtrat, de toxine adsorbée ou de suspension telle quelle, injectés sous la peau, correspondant à 200 et 250 doses mortelles ; mais après l'épreuve (8 doses mortelles), effectuée un mois plus tard, ils meurent dans le même délai que les témoins.

Contrairement à Kraus, Von Eisler et Fukuhara ([1]), nous n'avons pas pu obtenir l'adsorption totale du virus filtrant de la peste aviaire en ajoutant 2^{g},50 de charbon à 100$^{cm^3}$ d'une dilution à 1 pour 100 de sang virulent, laqué et centrifugé.

Le charbon, qui adsorbe avec une extrême intensité la tuberculine ([2]), la toxine diphtérique et le venin, même dissous dans du sérum ou *in vivo*, n'exerce aucune action sur les anticorps (sensibilisatrices hémolytique et antituberculeuse) ni sur l'alexine. Cette particularité peut être mise à profit pour l'étude des réactions antigène-anticorps, de leur mécanisme, de la nature et de la stabilité des complexes auxquels elles aboutissent.

La séance est levée à 17^{h}.

A. Lx.

([1]) R. Kraus, von Eisler et Fukuhara, *Zeits. f. Immunit.*, 1, 1909, p. 306.
([2]) A. Boquet, L. Nègre et J. Valtis, *C. R. Soc. de Biol.*, 99, 1928, p. 9.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de septembre 1928.

L'activité des subtils, la lumière naturelle, par J.-B. de Mees. Anvers, D. De Vos-Van Kleef, 1928; 1 fasc. 21cm.

Cours de Physique, professé aux Facultés des sciences de Nancy et de Strasbourg, par E. Rothé. Troisième Partie : Aérologie et aérodynamique. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1928; 1 vol. 25cm,5.

Carte géologique de l'Indochine à l'échelle de $\frac{1}{500000}$. *Feuille de Hanoï*, d'après les travaux de MM. Jacob, Mansuy, Dussault Fromaget, Patte et Mlle Colani. Notice explicative. Hanoï, Imprimerie d'Extrême-Orient, 1928; 1 fasc. 24cm,5 et une carte en 2 planches.

Pêches nocturnes à la lumière dans la baie d'Alger, par Ch. Gravier et J.-L. Dantan. Tome V, fasc. 1 des *Annales de l'Institut océanographique*. Paris, Ed. Blondel de la Rougery, 1928; 1 vol. 27cm,5.

Twenty Years Working of the Electrolytic Plant of Poplar. Uses and stability of the Fluid. Swinming Bath Water Pollution and Purification, by Fredr. Wm. Alexander. London, Public Health Offices, s. d.; 1 fasc. 20cm.

Ouvrages reçus pendant les séances d'octobre 1928.

Les routes aériennes de l'Atlantique. Aperçu météorologique, par A. Baldit. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1925; 1 vol. 25cm,5.

Catalogue général des manuscrits des bibliothèques publiques de France. Paris, bibliothèque de l'Institut, ancien et nouveau fonds, par H. Bouteron et J. Tremblot. Paris, Plon, 1928; 1 vol. 24cm,5.

Sur les points d'égale inertie, les figures isotropes et les enveloppes d'égale inertie, par G. Cesàro. Bruxelles, Marcel Hayez, 1928; 1 fasc. 25cm,5.

Sur la forme des cristaux de vivianite artificielle. Sur les points d'égale inertie du rhomboèdre, par G. Cesàro. Bruxelles, Marcel Hayez, 1928; 1 fasc. 25cm.

Cours de physique générale. Tome III : *Thermodynamique et étude de l'énergie rayonnante*, par H. Ollivier. Paris, librairie scientifique Hermann et Cie, 1928; 1 vol. 25cm,5.

Applicabilité des surfaces étudiée au point de vue fini, par Bertrand Gambier. Fasc. XXXI du *Mémorial des Sciences mathématiques*. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1928; 1 fasc. 25cm,5. (Présenté par M. Kœnigs.)

Les problèmes généraux de la technique des vibrations, par F.-H. VAN DEN DUNGEN, Fasc. IV du *Mémorial des Sciences physiques*. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1928; 1 fasc. 25^cm^,5. (Présenté par M. Kœnigs.)

Les maladies du Ver à soie. Grasserie et dysentéries, par A. PAILLOT. Lyon, éditions du Service photographique de l'Université, 1928; 1 vol. 26^cm^.

Laboratoire maritime du Muséum d'histoire naturelle à l'arsenal de Saint-Servan. I. *Description du laboratoire*, par L. MANGIN; II. *Travaux du laboratoire. Sur la distribution géographique de quelques organismes de rocher le long des côtes de la Manche*, par ÉDOUARD FISCHER. Saint-Servan, J. Haize, 1928; 2 fasc. 24^cm^. (Présenté par M. L. Mangin.)

Différentiel à roue libre Sensaud de Lavaud. Théorie du différentiel épicycloïdal. Théorie générale du mouvement différentiel des roues en courbe, par D. SENSAUD DE LAVAUD. Paris, chez l'auteur, 1928; 1 fasc. 24^cm^.

Considérations sur les théories de l'évolution et sur certaines données de préhistoire et de protohistoire, par JOSEPH MONESTIER. Rodez, P. Carrère, 1928; 1 fasc. 21^cm^,5.

Recherches sur le polymorphisme et la phylogénie des Amalthéides domériens d'après les matériaux aveyronnais, par JOSEPH MONESTIER. Rodez, P. Carrère, 1928; 1 fasc. 21^cm^.

Sur la végétation et la sexualité des triloptéridales. Un dernier mot sur les ioduques et les bromuques, par CAMILLE SAUVAGEAU, in *Bulletin de la station biologique d'Arcachon*. Bordeaux, Siraudeau, 1928; 2 fasc. 24^cm^.

Commune de Mathieu (Calvados). Cérémonie d'inauguration d'une plaque sur la maison de famille d'Augustin Fresnel. Caen, Mouville, Ozanne et Cie, 1928; 1 fasc. 24^cm^.

(*A suivre.*)

ERRATA.

(Séance du 5 novembre 1928.)

Note de M. *Georges Valiron*, Sur les valeurs d'une fonction méromorphe dans le voisinage d'une singularité :

Page 804, ligne 6 en remontant, *au lieu de*

$$2^{\rho-n}\{[2^{\rho-1}T(2^{n+1})]-\ldots,$$

lire

$$2^{-n\rho}\{[2^{\rho}-1]T(2^{n+1})-\ldots.$$

Note de M. *R. Swyngedauw*, Sur les relations qui relient entre eux les divers glissements à distinguer dans la transmission par courroie :

Page 806, équation de la ligne 17, *au lieu de*

$$\frac{V_c-V_{c'}}{V_c}=\frac{V_c-W}{V_c}+\frac{W-V'_c}{V_c}+\frac{(V'_c-w)}{V_c},$$

lire

$$\frac{V-V'_c}{V_c}=\frac{V_c-W}{V_c}+\frac{W-w}{V_c}+\frac{w-V'_c}{V_c};$$

ligne 20, *au lieu de* $\frac{V'_c-W}{V_c}$, *lire* $\frac{V'_c-w}{V_c}$; ligne 4 en remontant, *au lieu de* E_s, *lire* Es.

Page 807, troisième membre de l'équation de la ligne 7, *au lieu de* $W-V_{c'}$, *lire* $W-V'_{c'}$.

Note de M. *Léon Aufrère*, L'orientation des dunes et la direction des vents :

Page 835, ligne 12, *lire* dans le deuxième cas, les ailes restent à l'arrière, c'est-à-dire au vent, ainsi que les pentes les plus fortes quand le climat est suffisamment humide.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 26 NOVEMBRE 1928.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE HAMY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Les Mitoses anastrales d'activation.* Note [1] de MM. **E. Bataillon** et **Tchou-Su.**

Dans la mitose des Métazoaires, il paraît y avoir un lien entre le gel réversible du plasma et le processus caryocinétique. Les mitoses anastrales, qui sont la règle chez les végétaux supérieurs, deviennent ici l'exception. Bien connues dans la maturation de l'œuf chez certaines formes, elles n'ont été observées ailleurs que de loin en loin, en parthénogenèse abortive et sur des œufs simplement activés.

Nous les avons décrites sur les œufs d'Anoures et d'Urodèles comme une forme particulière des mitoses d'activation à côté du type monastérien qui est la règle [2]. Elles ont été signalées par Kostanecki sur les œufs de Mactra, par Danchakoff et Herlant sur ceux d'Oursin dans des conditions qui demanderaient à être précisées. L'œuf immature d'*Hyla arborea*, qui est polyspermique et dont les noyaux mâles à un certain stade donnent uniformément des figures figées semblables malgré la présence d'un spermaster initial [3], nous a suggéré pour nos cinèses anastrales d'activation l'idée d'une *maturation imparfaite* entraînant une réaction insuffisante. Mais nous avons envisagé aussi une autre hypothèse, celle d'un *œuf mûr partiellement activé.*

---

(1) Séance du 19 novembre 1928.

(1) E. Bataillon, *Les mitoses d'activation simple dans les croisements chez les Batraciens* (*Comptes rendus*, 185, 1927, p. 1242).

(2) E. Bataillon, *Études analytiques sur la maturation des œufs de Batraciens* (*Comptes rendus*, 187, 1928, p. 520).

Le résultat serait le même dans les deux cas : une élimination incomplète laissant l'œuf dans un état d'hypertension osmotique relative.

Le deuxième point de vue a un avantage incontestable sur le premier, parce qu'il nous ramène aux phénomènes d'asynchronisme si frappants en parthénogenèse, et surtout parce qu'il suggère des expériences intéressantes. Toute exception a son déterminisme qu'on saisit au moins partiellement, qu'on maîtrise en tout cas, si à volonté on la transforme en règle.

Empruntons à notre cahier d'expériences de 1928 une opération du 25 juillet : notre objectif était d'obtenir la cinèse anastrale sur les œufs vierges d'Oursin par activation partielle.

Des œufs de *Paracentrotus* sont traités 30 secondes par le mélange butyrique de Loeb additionné de $\frac{1}{3}$ d'eau de mer $\left(2^{cm^3},8\right.$ d'acide butyrique $\frac{N}{10}$ pour 60^{cm^3} d'eau de mer, au lieu de $\left.50\right)$. Les œufs qui soulèvent la membrane au retour à l'eau de mer sont l'exception. Nous suivons les mouvements internes sur le matériel vivant sans membrane. Au bout d'une heure, un bel aster *périnucléaire* est apparu. Il entre bientôt en régression et, après $1^h 30^m$, sur son aire estompée, les contours du noyau gonflé, très nets jusque-là, ne se distinguent plus. Vers 2^h un nouvel aster est né, portant en son centre deux ou trois volumineuses vésicules. A $2^h 10^m$, ces vésicules, à leur tour, perdent leurs contours. Nous fixons trois stades : $1^h 30^m$, $1^h 50^m$ et $2^h 10^m$. Les stades critiques sont ceux où les membranes nucléaires semblent se fondre.

Après $1^h 30^m$, au centre d'une aire claire encore irradiée, les préparations nous montrent une cinèse ovalaire bien limitée sur laquelle les chromosomes s'ordonnent en plaque équatoriale : c'est un *fuseau sans aster*. Certaines de ces cinèses sont déjà en anaphase.

Après $1^h 50^m$, les vésicules nucléaires sont généralement reconstituées. Elles sont énormes : on en voit couramment deux accolées, quelquefois trois, quelquefois une seule résultant de la fusion de deux. Toute trace d'irradiation a disparu.

Après $2^h 10^m$, un nouvel aster périnucléaire peut se montrer en plein épanouissement; il est généralement en régression. Dans le premier cas les radiations s'ordonnent sur le pourtour du noyau ou des noyaux très dilatés. Mais, sur les aires dégradées, nous trouvons à profusion de *nouvelles cinèses anastrales*. Leurs fuseaux très courts et très trapus, déprimés au niveau des pôles, ont certainement un stock chromosomique double sur leur plaque. Du reste, très souvent, les fuseaux de deux noyaux fils sont superposés et distincts; et, avec trois vésicules, on a des apparences tripolaires.

Même là où les radiations sont encore nettes, le système fusorial se présente comme une masse hyaline brillamment striée et que les chromosomes ne débordent nulle part en métaphase. Lorsque la masse fusoriale de la première division s'étrangle en anaphase, il peut se produire *exceptionnellement* un clivage de l'œuf qui emporte une vésicule sur chaque segment : les deux cinèses de deuxième ordre séparées sont encore superbes et du même type anastral. Dans la règle, en cas de division, les deux noyaux restent sur le même territoire, qui n'est pas toujours le plus volumineux.

Tel est le résultat d'une activation déficiente, dans laquelle l'élimination est certainement très restreinte, apparemment nulle, à ne considérer que les liquides dont l'action osmotique joue dans le processus membranogène.

Notre idée directrice peut être discutable. En tout cas, la réponse de l'expérience a été d'une rare précision : *partout la mitose anastrale; nulle part ni monaster ni amphiaster*. Et nous voilà en présence d'une nouvelle dissociation des deux rythmes, astérien et nucléaire. Traduisons les faits et adaptons-les à l'analyse effectuée déjà en parthénogenèse.

Sur l'œuf mûr correctement activé, le premier cycle astérien s'engage au début de la caryocinèse du pronucleus : la coïncidence des deux rythmes nous mène à l'impasse des mitoses monocentriques.

L'hypertonie (nous prouverons ailleurs que le cyanure produit le même effet) donne le pas aux phénomènes astériens. Le noyau perd sa membrane et engage sa première cinèse sur le double gel centré qui succède au premier. L'amphiaster apparaît suivant un rythme qui évoque celui de la parthénogenèse traumatique ou de la fécondation.

Une activation partielle réduisant ou annulant l'élimination fluide laisse l'œuf dans un état d'hypertension qui agit dans le sens du traitement hypertonique, et penche vers l'équilibre de régulation.

La caryocinèse du pronucleus débute sur un cycle astérien en voie d'achèvement, et, les deux rythmes gardant leur autonomie, on a l'impression d'une alternance entre asters périnucléaires et mitoses anastrales. *La résolution cyclique des noyaux en cinèses sans asters est isolée des gels plasmatiques qui, eux aussi, se répètent rythmiquement.* Notre matériel fixé n'embrasse malheureusement que les deux premiers cycles.

Les mitoses en question sont-elles *intranucléaires?* Nous ne saurions l'affirmer étant donné l'aspect hyalin du système fusorial. En tout cas, la réaction entre caryoplasme et cytoplasme n'est plus la même qu'avec l'activation membranogène. La destinée du pronucleus femelle est visiblement fonction de la condition du plasma au moment où la caryocinèse s'engage.

Après avoir posé un parallélisme frappant entre l'activation et la régulation chez deux types aussi distants que l'Oursin et le Batracien; après avoir souligné chez les œufs immatures les mêmes caractéristiques, il nous a paru intéressant de contrôler une hypothèse sur les mitoses anastrales d'Amphibiens en provoquant à foison les mêmes figures sur l'œuf d'Échinide. Et, de tout cela, on garde l'impression qu'il y a sans aucun doute une physiologie générale de la maturation de l'œuf et de la fécondation.

ÉLECTIONS.

Pour l'élection d'un Correspondant pour la Section de Médecine et de Chirurgie, en remplacement de M. *Félix Lagrange* décédé, au premier tour de scrutin, M. *Simon Flexner* obtient 21 suffrages, M. *Auguste Lumière* 21, M. *Jean Cantacuzène* 2, M. *Jacques Abélous* 1, M. *Georges Weiss* 1.

Au second tour, M. **Auguste Lumière** est élu par 24 suffrages contre 23 à M. *Simon Flexner*.

CORRESPONDANCE.

M. **Blas Cabrera**, élu Correspondant pour la Section de Physique, adresse des remercîments à l'Académie.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° M. Fréchet et H. Roullet. *Nomographie*. (Présenté par M. Maurice d'Ocagne.)

2° *Blood, a Study in general Physiology*, by Lawrence J. Henderson. (Présenté par M. M. d'Ocagne.)

3° *Procédés modernes de fabrication de l'acide sulfurique. Chambres de plomb*, par L. Pierron. (Présenté par M. C. Matignon.)

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur l'élimination des constantes et les solutions singulières d'une classe d'équations de Monge.* Note de M. **G. Cerf**, présentée par M. Goursat.

Considérons une famille de surfaces (S) dépendant de p paramètres essentiels $a_1, a_2, \ldots, a_p$,

$$f(x, y, z; a_1, a_2, \ldots, a_p) = 0,$$

et les courbes situées sur cette surface; l'élimination, supposée possible, des

paramètres entre les équations

$$f=0, \qquad f_1=\frac{df}{dx}=\frac{\partial f}{\partial x}+\frac{\partial f}{\partial y}\frac{dy}{dx}+\frac{\partial f}{\partial z}\frac{dz}{dx}, \qquad f_2=\frac{d^2 f}{dx^2}, \qquad \ldots, \qquad f_p=\frac{d^p f}{dx^p},$$

conduit, en général, à une équation de Monge d'ordre p, $\Phi=0$, qui exprime une condition nécessaire pour qu'une courbe se trouve sur une surface S. Posons $\Delta=\frac{D(f, f_1, \ldots, f_{p-1})}{D(a_1, \ldots, a_p)}$; toute solution de $\Phi=0$ qui ne satisfait pas à $\Delta=0$ fournit une courbe qui est bien située sur une surface S.

La condition $\Delta=0$ conduit, en général, à une équation de Monge, d'ordre $p-1$, $\Psi=0$; une courbe intégrale (C) de $\Psi=0$ est, en général, une solution singulière de $\Phi=0$; c'est une courbe admettant en chacun de ses points un contact d'ordre p avec une surface S, en général.

L'équation $\Psi=0$ admet à son tour, en général, des solutions singulières de deux espèces, dont une seule nous intéressera ici; elles sont données par une équation de Monge d'ordre p et correspondent aux courbes (Γ) d'intersection de chaque surface (S) avec les surfaces de la famille qui lui sont infiniment voisines.

Dans le cas où les surfaces (S) se déduisent de l'une d'elles par les opérations d'un groupe à p paramètres, les équations que nous avons introduites sont invariantes par rapport à ce groupe. Plaçons-nous dans le cas où le groupe est celui des déplacements et supposons qu'une surface (S) n'admette aucun déplacement infinitésimal; alors l'équation $\Phi=0$ est d'ordre 6; son premier membre s'exprime, non sans précautions, au moyen de R, $\frac{dR}{ds}$, $\ldots$, $\frac{d^4R}{ds^4}$, T, $\frac{dT}{ds}$, $\ldots$, $\frac{d^3T}{ds^3}$; la relation obtenue est ce que M. Gambier appelle équation intrinsèque d'une surface (S); il résulte de ce qui précède, l'existence de diverses classes d'intégrales de cette équation. En particulier, les courbes (Γ) dépendent ici de onze constantes arbitraires.

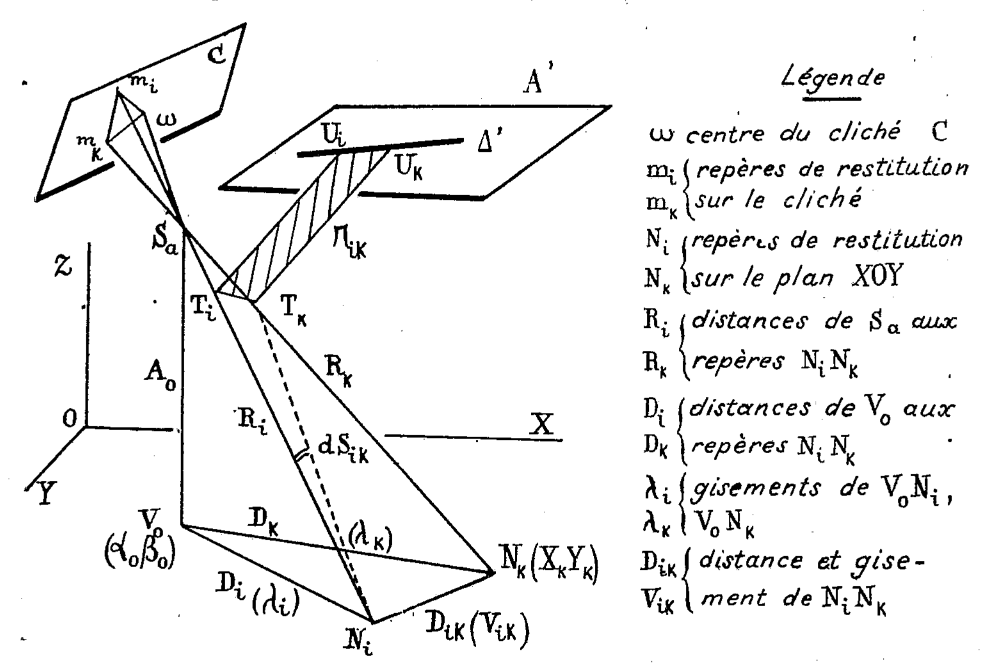
Il ne suffira pas que l'équation donnée $\Phi=0$ soit invariante par rapport au groupe des déplacements pour qu'on puisse remonter à partir d'elle jusqu'à une famille de surfaces (S); il sera nécessaire d'abord que des intégrales singulières de l'espèce (Γ) existent, ce que l'on reconnaîtra sans intégration; il faudra de plus que ces courbes puissent être placées par ∞^5 sur ∞^6 surfaces égales, ce qu'on reconnaîtra également sans intégration, en cherchant à former le système complètement intégrable dont ces ∞^6 surfaces doivent être les intégrales.

Remarque. — La fonction f n'est pas une fonction quelconque, elle doit

satisfaire aux conditions qui permettent d'effectuer les calculs indiqués; observons que pour reconnaître l'équivalence (locale, il ne faut pas l'oublier) de deux surfaces par rapport au groupe des déplacements, l'usage des invariants différentiels superficiels ne fait intervenir directement les dérivées que jusqu'à l'ordre 3.

MÉTROPHOTOGRAPHIE. — *Sur la résolution complète du problème de la carte dans l'espace.* Note de M. **H. Roussilhe**, présentée par M. E. Fichot.

Je me suis proposé de simplifier les divers procédés de calcul de la position du point d'où est prise une photographie aérienne, en appliquant exactement la méthode dite du *point approché*, utilisée par Hatt en géodésie, c'est-à-dire en employant des mesures d'angle en nombre quelconque, et en les *compensant* par une construction graphique simple à grande échelle.



1. *Solution approchée.* — L'appareil de restitution [1] permet d'obtenir rapidement une position approchée S_a du centre optique de l'objectif au moment de la prise de vue.

[1] *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 816.

L'approximation varie entre 3 et 7^m pour le pied V_0 de la verticale de S, 2 et 3^m pour l'altitude A_0 (cliché au $\frac{1}{4800}$).

2. Les *angles mesurés* S_{ik} sont définis par le centre optique S de l'objectif photographique, et deux repères quelconques $m_i\, m_k$ du cliché : on peut les relever au moyen d'un instrument spécial, ou les *calculer*.

3. *Angles approchés*. — On peut d'autre part *calculer* les angles S'_{ik}, définis par le point approché $S_a(\alpha_0\, \beta_0\, A_0)$ et les repères de restitution, puis les différences : $dS_{ik} = S_{ik} - S'_{ik}$.

4. *Segments capables*. — Le plan π_{ik} tangent au *tore*, segment capable de l'angle S_{ik}, est normal au plan $S_a N_i N_k$; il passe par les points de rencontre $T_i T_k$ des droites $S_a N_i$, $S_a N_k$, avec le cercle, segment capable de S_{ik} dans le plan $S_a N_i N_k$. Si les différences dS sont petites, le point vrai, S, est à l'intersection des différents plans π_{ik} ou *de leurs droites communes*, I.

5. *Graphique à grande échelle*. — Coupons par un plan horizontal d'altitude

$$A' = A_0 + dA'.$$

On obtient deux points caractéristiques U_i, U_k de la droite $\Delta'(A'ik)$, trace du plan π_{ik} sur le plan A'.

Voici les coordonnées du point U_i :

$$X'_i(A'ik) - \alpha_0 = \left[X_i - \alpha_0 + \frac{A_0^2 \sin V_{ik}}{D_i \sin(V_{ik} - \lambda_i)}\right] \frac{R_k \sin 1''}{R_i \sin S_{ik}} dS_{ik} + \frac{A_0 \sin V_{ik}}{D_i \sin(V_{ik} - \lambda_i)} dA',$$

$$Y'_i(A'ik) - \beta_0 = \left[Y_i - \beta_0 - \frac{A_0^2 \cos V_{ik}}{D_i \sin(V_{ik} - \lambda_i)}\right] \frac{R_k \sin 1''}{R_i \sin S_{ik}} dS_{ik} - \frac{A_0 \cos V_{ik}}{D_i \sin(V_{ik} - \lambda_i)} dA'.$$

Pour une deuxième altitude $A'' = A_0 + dA''$, on obtient des coordonnées $X''_i Y''_i$ qui ne diffèrent des précédentes que par les derniers termes, dont les coefficients n'ont pas varié.

Autrement dit, *en superposant les plans* A' A'', *les graphiques de droites* Δ' et Δ'' *sont homothétiques* par rapport au point vrai V.

On est donc ramené à joindre les points homologues des deux graphiques (projections horizontales des droites I), et à déterminer leur *point moyen* (choix à vue, méthode du barycentre podaire de M. M. d'Ocagne, ou calcul par les moindres carrés).

Le point V étant adopté, le rapport d'homothétie (moyenne) des deux graphiques donne l'altitude vraie A.

6. *Précision des résultats*. — Dans les conditions actuelles de fabrication des plaques orthochromatiques rapides (grain voisin de $\frac{1}{20}$ de millimètre), la

photographie aérienne donne les angles S à 1 centigrade près environ; l'instrument de mesure « cliché objectif » fonctionne donc avec la précision d'un tachéomètre ordinaire.

Suivant l'inclinaison du cliché, entre 0 et 30°, l'approximation de calcul des coordonnées du point S varie :

Entre $2^m,6$ et $6^m,7$ pour le point V;
Entre $0^m,6$ et $3^m,4$ pour l'altitude A.

Le calcul améliore donc à peine la solution approchée; *l'appareil de restitution résout exactement le problème de la carte dans l'espace.*

Quand on pourra utiliser des plaques rapides donnant le $\frac{1}{100}$ de millimètre (et des objectifs *corrigés* à cette même approximation), le calcul permettra de définir la position plane du point S à 2^m ou 3^m près, les altitudes A à 1^m près.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur l'étude des contacts imparfaits en courants continus.* Note de M. **R. Audubert** et Mlle **M. Quintin**, présentée par M. G. Urbain.

Les travaux relatifs aux effets de détection des contacts imparfaits montrent que des causes très diverses peuvent intervenir : phénomènes électroniques sur la nature desquels on n'a d'ailleurs jamais apporté de précision, polarisation électrolytique, effets thermo-électriques. Il nous a paru intéressant d'étudier un contact pour lequel l'une seulement de ces explications pût être invoquée.

Depuis longtemps on sait que le silicium associé à une pointe métallique possède un pouvoir détecteur élevé (1). Récemment Dubar (2) a signalé le couple silicium-graphite. L'expérience nous a montré qu'une plaque de silicium oxydé associée à un corps de conductibilité médiocre tel que : charbon, PbS, PbO^2, MnO^2, Cu^2S, SnS, Ag^2S, présente une conductibilité unilatérale, la résistance étant plus faible quand le silicium est positif. Nous avons vérifié, ainsi que l'ont remarqué la plupart des auteurs, que ce phénomène est lié à l'existence d'une pellicule de silice.

Les expériences ont plus particulièrement porté sur le couple silicium-

(1) Parmi les travaux récents, il faut citer Kallmayer, *Ann. der Phys.*, 86, 1928, p. 547.

(2) Dubar, *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 1023.

charbon qui a l'avantage de ne manifester ni hystérésis, ni traînage, ni cohération, mais des effets instantanés, réversibles et stables. On ne peut, pour ce contact, invoquer l'hypothèse d'une électrolyse solide. Par ailleurs nous avons constaté que les effets thermo-électriques sont de sens inverse à ceux qui expliqueraient le pouvoir redresseur.

Le silicium était utilisé sous forme de plaques surfacées de 2×3^{cm} et oxydées soit par électrolyse en milieu acide ou alcalin, soit par chauffage en atmosphère oxydante. L'autre électrode était constituée par un aggloméré de divers charbons : charbon de cornue, charbon de bois, etc.

L'étude en courant continu a été faite en déterminant la caractéristique $i = f(e)$ (1) où i est l'intensité et e la chute de tension entre les électrodes. Si l'on construit la courbe $\frac{1}{r} = \frac{i}{e} = \varphi(e)$, r représentant la résistance apparente, on obtient pour les deux polarités deux droites concourant en un même point de l'axe des ordonnées, dont la différence d'inclinaison traduit la dissymétrie.

Il en résulte que toutes les caractéristiques peuvent être assimilées à deux branches de paraboles. Pour $e > 0$, $i_1 = ae^2 + be$; pour $e < 0$, $i_2 = -a'e^2 + be$; a, a', b étant des nombres positifs. Pour un certain nombre de contacts, b, qui représente la résistance ohmique de la couche de passage, est nul.

Nous avons vérifié, en outre, que les détecteurs constitués par des pointes métalliques et des cristaux de Ag^2S, de PbS ou des mélanges en proportions variées de ces deux composés, satisfont aux mêmes relations.

Si l'on accroît l'épaisseur de la pellicule en prolongeant la durée d'oxydation, on constate que la dissymétrie de la caractéristique augmente, passe par un optimum, puis diminue. Mais, la tension critique au delà de laquelle la conductibilité unilatérale disparaît irréversiblement augmente régulièrement avec l'oxydation. Le tableau ci-dessous donne les moyennes des résultats pour trois séries de formation électrolytique en milieu alcalin et sous $9^{kg},300$ de force pressante.

Durée de formation.	$a - a'$ (milliamp. volts).	Tension critique.
2 heures	11	6- 7 volts
12 »	36	11-13 »
36 »	12	16-18 »

(1) R. Audubert, Diplôme d'Études supérieures, Bordeaux, 1914.

Ainsi que le montre la figure 1, lorsque la pression croît, la dissymétrie diminue, la caractéristique tendant vers une droite (loi d'Ohm). Ces résultats sont identiques à ceux obtenus avec les détecteurs ordinaires.

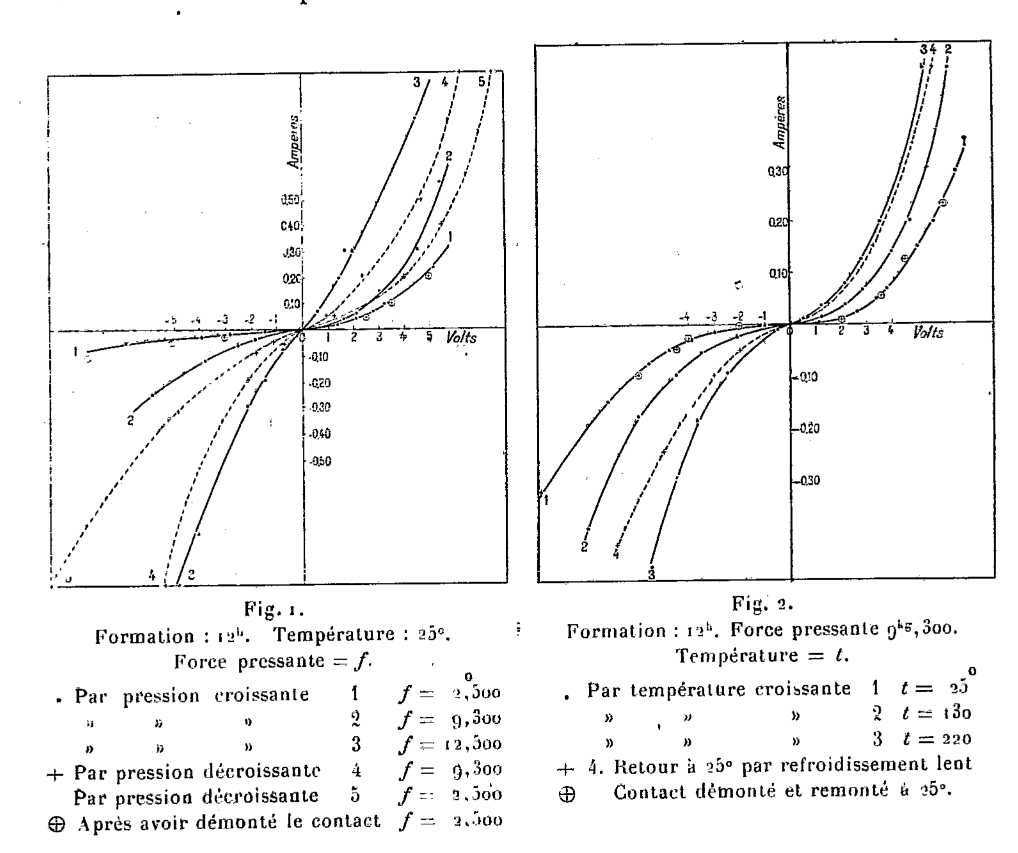


Fig. 1.

Formation : 12h. Température : 25°.

Force pressante = f.

. Par pression croissante	1	f = 2,500
» » »	2	f = 9,300
» » »	3	f = 12,500
+ Par pression décroissante	4	f = 9,300
Par pression décroissante	5	f = 2,500
⊕ Après avoir démonté le contact		f = 2,500

Fig. 2.

Formation : 12h. Force pressante 9kg,300.

Température = t.

. Par température croissante	1	t = 25°
» » »	2	t = 130
» » »	3	t = 220
+ 4. Retour à 25° par refroidissement lent		
⊕ Contact démonté et remonté à 25°.		

La température agit dans le même sens que la pression et donne lieu à des phénomènes analogues (*fig.* 2). Pour un contact déterminé, la tension critique s'abaisse quand la température s'élève.

En résumé, le contact silicium-charbon, ainsi que les détecteurs à Ag^2S et PbS, présente des caractéristiques composées de deux branches de parabole. Par sa stabilité et sa réversibilité il se montre comme particulièrement simple pour l'étude du mécanisme du phénomène de redressement.

SPECTROSCOPIE. — *Spectre d'étincelle du soufre*, S II, *dans la région de Schumann*. Note de M. **Pierre Lacroute**, présentée par M. A. Cotton.

J'ai publié (¹) une liste de raies d'étincelle du soufre dans la région de Schumann. D'après les valeurs des termes indiqués par Ingram (²) pour S II, j'ai pu reconnaître quelques combinaisons non signalées; ce sont les multiplets suivants. Toutes les notations et les grandeurs des termes sont empruntées à Ingram, les nombres d'onde des raies sont calculés d'après ses résultats, mes résultats sont indiqués entre crochets.

		b^4P_1 108856,5	209,1	b^4P_2 109066,6	363,1	b^4P_3 109429,7
$4p^4S_2$	57795,79	51060,7 [51062 1958,38 (3)]	206	51270,8 [51268 1950,53 (3)]	362	51633,9 [51630 1936,84 (3)]
$4p^4P_1$	59036,81	49819,7 ★		50029,8 [50027 1998,92 (1)]		
	70,38					
$4p^4P_2$	58966,43	49890,1 [49892 2004,31 (1)]		50100,2 ★		50463,3 [50459 1981,80 (2)]
	275,95					277
$4p^4P_3$	58690,48			50376,1 [50373 1985,17 (2)]	363	50739,2 [50736 1970,99 (4)]
a^2P_1	163983,1	55126,6 [55131 1813,86 (00)]	211	54916,5 [54920 1820,81 (1)]		
	48,6	58		55		
a^2P_2	163934,5	55078,0 [55073 1815,75 (0)]	208	54867,9 [54865 1822,65 (1)]	362	54504,8 [54503 1834,76 (0)]

(¹) Lacroute, *Le Journ. de Phys. et le Rad.*, 9, 1928, p. 180.
(²) Ingram, *Phys. Rev.*, 32, 1928, p. 173.

Certaines des raies contenues dans ces tableaux n'avaient pas été publiées : les raies 1813,86 Å et 1815,75 Å parce qu'on les avait considérées comme trop faibles; la raie 1820,81 Å voisine de la raie d'arc, très large, 1820,37 Å paraissait douteuse, enfin la raie 1834,76 Å semblait se trouver, très faible il est vrai, dans d'autres spectres. Cependant toutes ces raies ont été obtenues sur plusieurs clichés, avec bon accord entre les déterminations.

Étant donné que ces quatre raies font partie du multiplet $b^4 P - a^2 P$ qui comprend cinq raies, que l'écart avec les résultats de Ingram n'est pas aussi faible que pour les autres combinaisons, enfin que c'est la première combinaison signalée entre termes de doublets et de quadruplets, cette combinaison n'est pas très sûre. Cependant dans cette région du spectre le nombre des raies, en comptant comme raies les traces les plus faibles obtenues, ne fût-ce que sur un cliché, correspond à un écart moyen entre deux raies consécutives de 50 unités de nombre d'onde; il semble donc bien improbable que l'accord obtenu à 5 ou 6 unités près, à peine supérieur à celui que permet la précision des mesures, soit dû au hasard.

Je n'ai pas décelé de combinaison entre les termes $b^4 P$ d'une part, $4p^4 D$ et $a^2 D$ d'autre part, combinaisons qui auraient pu se trouver dans le domaine où j'étudiais le spectre.

J'ai trouvé une raie 1993,37 Å; $\nu = 50166$ correspondant exactement à la notation $b^4 P_1 - 4p^4 P_3$ (50166,0). Elle avait des intensités très différentes sur les différents clichés. A moins qu'il ne s'agisse d'une simple coïncidence, cette raie fournirait un exemple d'exception aux règles de sélection.

FLUORESCENCE. — *Polarisation de la lumière émise par fluorescence.* Note de M. **Paul Soleillet**, présentée par M. A. Cotton.

La polarisation de la lumière émise par résonance optique des vapeurs métalliques ou plus généralement par fluorescence dépend des diverses conditions de l'expérience. On peut modifier en particulier la direction du faisceau étudié, la direction et la polarisation du ou des faisceaux de lumière excitatrice. Il était à rechercher si, les autres conditions de l'expérience n'étant pas modifiées, les résultats obtenus ne pouvaient s'exprimer en fonction d'un nombre fini de quantités à mesurer.

Les quantités choisies pour caractéristiques de la polarisation d'un fais-

ceau étudié ont été les 4 paramètres utilisés par Stokes, ou des quantités qui leur sont liées linéairement. Ces quantités s'additionnent par superposition de deux faisceaux sans cohérence de phase. Il est facile de montrer qu'elles se transforment d'une façon linéaire et homogène après un parcours optique quelconque et d'en donner à l'aide de la sphère de Poincaré une interprétation géométrique simple. Ce sont d'ailleurs les quantités utilisées par les auteurs pour exprimer leurs résultats expérimentaux.

Sans modifier l'excitation, faisons varier la direction du faisceau étudié. J'ai pu montrer que, moyennant certaines hypothèses qui paraissent s'appliquer aux phénomènes mentionnés, les paramètres caractéristiques de l'émission dans une direction de l'espace pouvaient s'exprimer en fonction de 9 quantités L_1, L_2, L_3, C_1, C_2, C_3, S_1, S_2, S_3 caractéristiques de l'émission. Parmi celles-ci, 6 interviennent seules quand on ne fait qu'une analyse rectiligne de l'état de polarisation des faisceaux. Elles se transforment par changement de système trirectangle d'axes de référence comme les 6 composantes d'un tenseur symétrique. Les 3 autres quantités interviennent dans l'étude complète de la polarisation et se transforment dans les mêmes conditions comme les 3 composantes d'un tenseur symétrique gauche. La discussion des résultats montre en particulier que l'étude des faisceaux contenus dans un même plan est insuffisante pour la détermination des 9 quantités caractéristiques. Il est nécessaire de faire une mesure en dehors de ce plan pour déterminer la dernière quantité à mesurer.

Faisons maintenant varier l'excitation. J'ai pu montrer que, moyennant certaines hypothèses supplémentaires, cette excitation pouvait être aussi caractérisée par 9 paramètres $\mathcal{L}_1$, $\mathcal{L}_2$, $\mathcal{L}_3$, $\mathcal{C}_1$, $\mathcal{C}_2$, $\mathcal{C}_3$, $\mathcal{S}_1$, $\mathcal{S}_2$, $\mathcal{S}_3$. Les relations entre les $\mathcal{L}$, $\mathcal{C}$, $\mathcal{S}$ de l'excitation et les L, C, S de l'émission doivent être linéaires et homogènes. Elles introduisent dans le cas général 81 constantes a_i^j caractéristiques de milieu en résonance, indépendamment de l'excitation. Quand des conditions de symétrie sont vérifiées par le milieu, le nombre des paramètres indépendants diminue. Il se réduit à 19 pour le cas de la symétrie du champ magnétique, à 10 pour le cas de la symétrie du champ électrique, à 3 enfin dans le cas d'isotropie. Ces constantes peuvent être combinées de façon à former un tenseur du quatrième ordre dans l'espace A_{ij}^{st}. En particulier, si le milieu est constitué par un assemblage isotrope d'éléments anisotropes identiques, les 3 quantités caractéristiques sont des combinaisons linéaires des 3 invariants A_{ss}^{ii}, A_{is}^{is}, A_{is}^{si} du tenseur A_{ij}^{st} caractérisant l'un des éléments anisotropes constituant le milieu.

La discussion de la possibilité expérimentale de la mesure des rapports

des 3 coefficients caractéristiques, dans le cas de l'isotropie, montre qu'il suffit d'exciter en lumière circulaire, et de faire 2 observations, l'une suivant le faisceau excitateur, l'autre normalement à lui. Ceci est applicable aux prévisions théoriques. Ainsi la théorie d'Heisenberg du cas où la lumière excitatrice est circulaire contient les résultats de celle où la lumière est linéaire. Elle a été appliquée aux raies de résonance du thallium. Ce rôle important de la lumière circulaire doit être rapproché du fait qu'une excitation quelconque peut toujours être considérée comme une somme *algébrique* de vibrations circulaires incohérentes.

Cette théorie permet d'introduire une certaine unité dans l'ensemble des résultats que nous possédons sur la polarisation dans les phénomènes de fluorescence. Elle contient la méthode naturelle pour conduire des hypothèses spéciales aux quantités expérimentales (1).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les suspensions de kaolin.* Note (2) de MM. **R. Dubrisay** et **Astier**, présentée par M. H. Le Chatelier.

On sait, depuis les travaux de Schlœsing, que l'argile peut être mise en suspension dans l'eau : certaines substances comme l'ammoniaque et les alcalis dilués stabilisent ces suspensions, tandis que d'autres, comme les acides et les bases alcalino-terreuses, en provoquent la floculation. Au-dessus d'une certaine concentration, les alcalis exercent d'ailleurs aussi une action floculente (3).

Bien que de nombreux travaux aient été poursuivis sur ce sujet (4), il nous est apparu que certains points pouvaient rester à préciser. Pour opérer sur une matière aussi bien définie que possible, nous sommes partis de kaolin lavé à l'eau et purifié par sédimentation, sans avoir été traité par aucun réactif. 5 grammes de kaolin étaient mis en présence de 150^{cm^3} d'eau et le tout agité mécaniquement pendant 24 heures. La suspension ainsi obtenue était abandonnée pendant une heure, puis décantée. Des volumes déterminés (20^{cm^3}) du liquide décanté étaient mis dans des cloches graduées

(1) L'exposé détaillé sera publié prochainement ailleurs.

(2) Séance du 5 novembre 1928.

(3) Maschaupt, *Land. Ver. St.*, 83, 1913, p. 458.

(4) Poste, *J. of amer. ceramic Soc.*, 8, 1925, p. 231. — Hall, *ibid.*, 6, 1923, p. 289. — Bradfield, *J. of amer. Chemical Soc.*, 45, 1925, p. 1943. — Demolon, *Thèse de Doctorat*, Paris, Blanchard, 1926.

disposées verticalement, puis additionnés de quantités connues (20^{cm^3}) de diverses liqueurs acides ou alcalines. Au bout d'un certain temps, on voyait un nuage se former surmonté par un liquide plus clair et l'on observait la vitesse de descente de la partie supérieure de ce nuage. Les résultats sont consignés dans le Tableau I.

TABLEAU I.

(Température : 18°; V, vitesse de chute en millimètres par 24 heures.)

Nature et normalité des liquides.	pH.	V.	Nature et normalité des liquides.	pH.	V.
HCl.N/6000......	3,77	10,8(?)	Li^2O.N/600......	11,23	0,68
HCl.N/60000.....	4,77	6,3	K^2O.N/300......	11,53	0,72
Tampon.........	5,8	11,3	Na^2O.N/240......	11,62	0,54
H^2O............	7	3,8	K^2O.N/150......	11,83	0,76
Tampon.........	8	5,3	Na^2O.N/120......	11,93	0,48
Li^2O.N/3000.....	10,53	1,08	K^2O.N/96.......	12,02	0,68
Na^2O.N/2400....	10,62	0,90	Li^2O.N/60.......	12,23	1,9
Li^2O.N/1200.....	10,93	0,88	K^2O.N/98.......	12,52	2,62
Na^2O.N/1200.....	10,93	0,71	K^2O.N/24.......	12,62	11(?)
K^2O.N/600......	11,23	0,82			

Si l'on porte en abscisse l'exposant d'hydrogène, et en ordonnée la vitesse de sédimentation, on constate que les divers points se groupent très sensiblement sur une même courbe. Ceci conduit à penser que l'effet protecteur de bases et des acides est lié à leur taux d'ionisation. Toutefois, ce n'est pas le seul facteur; on sait, en effet, que les bases alcalino-terreuses floculent les suspensions même à de grandes dilutions; en outre, on voit sur la courbe que des solutions-tampons au phosphate agissent tout autrement que des liqueurs ayant le même exposant d'hydrogène.

Ces résultats ont été confirmés par des mesures néphélémétriques, qui sont consignées dans le Tableau II. Nous opérions sur des suspensions de kaolin dans la lithine abandonnée pendant un mois dans des tubes verticaux; des prélèvements ont été effectués à la même hauteur dans les divers tubes et l'opacité mesurée au néphélémètre en lumière diffuse; l'existence d'un maximum d'opacité correspondant au maximum de stabilité se trouve ainsi confirmée par les chiffres consignés dans le Tableau II.

TABLEAU II.

Normalité des liquides......	N/192.	N/144.	N/120.	N/96.	N/48.	N/36.
Degré de trouble (unités conventionnelles).....	1	1,33	2,70	1,4	1,2	0,6

Nous avons enfin procédé à des observations microscopiques et ultra-microscopiques sur des suspensions faites dans des liqueurs alcalines de diverses concentrations, abandonnées pendant un mois. Dans les solutions concentrées $\left(\frac{N}{30}\right.$ et au-dessus$\left.\right)$, on ne voyait rien, ni au microscope, ni à l'ultra-microscope. Dans des solutions plus diluées, on observait au microscope des particules immobiles et à l'ultra-microscope des points brillants animés du mouvement brownien.

CHIMIE MINÉRALE. — *Les modifications allotropiques du phosphore.* Note [1] de M. **A. Smits**, présentée par M. Charles Moureu.

Nos recherches nous ont conduit à la conclusion que le phosphore peut être constitué par au moins trois espèces de molécules : α_1, α_2 et β. Le phosphore blanc contient beaucoup d'α_1 et d'α_2, et il est devenu évident que ces deux espèces se transforment très vite l'une en l'autre à température ordinaire, tandis que la transformation de α_1 ou α_2 en β et inversement est sensible seulement à des températures plus élevées. Or, pour simplifier, j'ai montré par la figure 168 de la *Théorie de l'Allotropie* [2], que c'est précisément parce que α_1 et α_2 se mettent si vite en équilibre que l'on peut se figurer qu'elles jouent le rôle d'un seul pseudo-composant α.

Nous poursuivons nos recherches sur le phosphore avec l'intention d'élucider, en certains points, le pseudo-système.

Ceci est possible :

1° Par distillation fractionnée à une température tellement basse que les espèces α et β ne se transforment plus, parce que de cette façon on peut obtenir toutes les compositions voulues. Il n'est pas pratique d'utiliser pour cela le phosphore blanc, qui contient seulement une quantité négligeable du pseudo-composant β, mais on peut employer tout échantillon nettement coloré.

2° On peut parvenir à connaître une grande partie du pséudo-système par l'étude des différentes compositions qu'on peut obtenir, par exemple, en transformant le phosphore blanc par chauffage à différentes températures, pressions, et pendant des temps variables.

---

(1) Séance du 12 novembre 1928.

(2) *La Théorie de l'Allotropie* (Gauthier-Villars, 1923).

Quand on abaisse ensuite la température jusqu'au point où les transformations internes cessent et où l'on ne peut plus parler de modifications (¹), mais bien de différents états solides, alors on peut obtenir des phases de cristaux mixtes de différentes compositions, comme dans les systèmes de deux ou plusieurs composants.

Dans la publication récente de Nicolaïeff (²) j'ai remarqué qu'il a fait des expériences dont les résultats apportent une preuve convaincante de la « théorie de l'allotropie », sans qu'il semble connaître les recherches faites dans mon laboratoire, ni ladite théorie. Il a suivi le chemin que je viens d'indiquer en deuxième lieu. Il croit devoir discerner une quatrième modification dite « pourpre » outre les modifications blanche, violette (appelée « rubis » par lui) et noire; mais ici de moindre intérêt. Au contraire il faut attacher une grande importance au fait qu'il a trouvé une série discontinue de cristaux mixtes, tout à fait en concordance avec la théorie, en mesurant la pression de vapeur en fonction de la densité.

Tout de même je dois faire une objection à la figure que Nicolaïeff a publiée.

Quand une série de cristaux mixtes montre une discontinuité telle que deux phases de cristaux mixtes coexistent dans un certain domaine de composition ou de densité (densité moyenne), la tension de vapeur doit être constante à température constante; c'est seulement quand on a parcouru le domaine de coexistence et qu'on a de nouveau obtenu un mélange homogène que la tension de vapeur changera de nouveau d'une manière continue avec la composition (densité). Si quatre états solides du phosphore existent, la courbe ne peut pas être comme Nicolaïeff l'a trouvée (*fig.* 1), mais comme la figure 2 le montre schématiquement; si cependant seulement trois états solides du phosphore existent (ce qui est probable d'après nos recherches), l'aspect de la courbe doit être celui de la figure 3. En comparant la figure 3 à la figure 1, on voit qu'ils est bien possible qu'on trouve cette dernière figure après des recherches plus exactes.

De plus, Nicolaïeff trouvait qu'en dissolvant du phosphore pourpre dans

(¹) Si l'on parle seulement de modifications quand les états solides d'une matière solide sont en équilibre interne, comme je l'ai proposé, alors les modifications ne peuvent pas rester dissoutes l'une dans l'autre. Si, néanmoins, les transformations internes n'ont pas lieu assez vite, on peut tout de même obtenir des compositions temporaires différentes de la composition d'équilibre interne, mais les transformations internes qui ont lieu rétabliront après quelque temps l'équilibre interne.

(²) *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 1621.

du phosphore blanc le point de solidification de départ est abaissé et que l'on atteint un point eutectique.

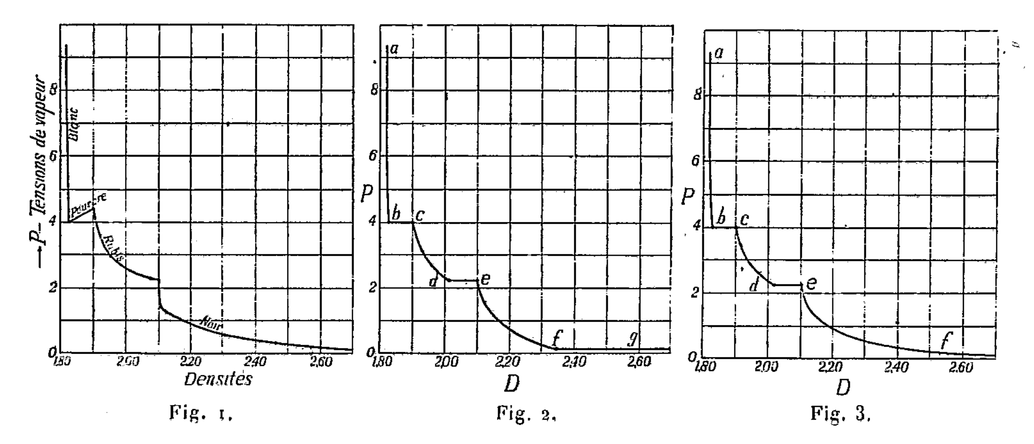


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

En accord avec ceci, je veux maintenant rappeler que j'ai indiqué autrefois la place du phosphore blanc dans le pseudo-système en supposant que cet état puisse se mettre tout à fait en équilibre intérieur, donc en admettant que non seulement les espèces de molécule α_1 et α_2, mais aussi β, prennent part à l'équilibre interne. Or, on peut être sûr que dans les circonstances de températures et de pression dans lesquelles le phosphore blanc est purifié et en travaillant dans une pièce peu éclairée, la transformation $\alpha \rightleftharpoons \beta$ n'aura pas lieu, tandis qu'au contraire la transformation $\alpha_1 \rightleftharpoons \alpha_2$ pourra se produire de sorte que le phosphore blanc obtenu est pratiquement exempt du pseudo-composant et ainsi ne peut pas être considéré tout à fait comme une modification définie, bien que cet état se trouve en équilibre intérieur. Cette conception, que nous mettrons à l'épreuve, sera discutée amplement dans un autre recueil. Seulement je veux remarquer ici, que ledit changement du point de solidification est tout à fait d'accord avec cette conception.

CHIMIE MINÉRALE. — *Essais d'isolement de nouveaux fluoborates.* Note de MM. **A. Travers** et **Malaprade**, présentée par M. Matignon.

Dans une précédente Note ([1]), nous avons signalé la formation de nouveaux fluoborates, réagissant facilement sur les lessives alcalines comme les fluosilicates; nous avons essayé de les isoler à l'état solide.

([1]) *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 891.

a. Décomposition par la chaleur du fluoborate BF^4K. — Si la décomposition s'effectuait suivant

$$BF^4K = BF^3 + KF,$$

le produit obtenu, même dans le cas d'une décomposition incomplète, serait neutre à la phénolphtaléine, puisque le fluoborate BF^4K et le fluorure de potassium le sont; or si l'on chauffe à des températures croissantes 0,001 molécule-gramme par exemple du premier, on constate :

1° Que le résidu renferme *un sel soluble dans l'eau* et décomposable à froid par la potasse;

2° Que la quantité de potasse nécessaire au titrage en présence de mannite passe par un maximum, quand la température de chauffage atteint environ 580° (connue à $\pm 5°$).

Ces résultats sont d'accord avec la formation d'un fluoborate de potassium décomposable par la potasse suivant

$$n\,BF^4K = BF^3 + (N-1)BF^3.n\,KF.$$

Le maximum correspond approximativement à la formation de $BF^3.2KF$, suivant

$$2\,BF^4K = BF^3 + BF^3.2\,KF.$$

En effet pour 0,001 molécule-gramme du fluoborate BF^4K, la quantité de potasse 0,2 N, théoriquement nécessaire à la transformation du nouveau fluoborate formé en métaborate et fluorure, est de 20^{cm^3}; or nous avons trouvé dans deux expériences $19^{cm^3},4$ et $19^{cm^3},5$.

Au-dessus de 580°, on décompose le nouveau fluoborate suivant

$$BF^3.2\,KF = BF^3 + 2\,KF,$$

d'où diminution de la quantité de potasse nécessaire à la neutralisation du résidu. Il est fort probable que les deux phénomènes se superposent pour les températures voisines de 580°, ce qui explique l'approximation obtenue.

b. Nous avons isolé par action de l'acide borique sur le fluorhydrate de potassium en solution aqueuse, *concentrée et froide*, des produits cristallisés. Nous donnons ci-dessous l'analyse de trois préparations faites avec des proportions d'acide borique et de fluorhydrate différentes pour chacune d'elles.

	I.	II.	III.
B	9,9	9,25	9,20
F	46,7	47,3	46,8
K	32,0	32,1	32,7
Différence à 100	11,4	11,35	11,3

Ces chiffres correspondent sensiblement aux rapports

$$\frac{B}{K} = 1 \qquad \text{et} \qquad \frac{F}{K} = 3.$$

La différence à 100 représente soit de l'eau, soit de l'oxygène, soit des des radicaux OH.

Ces corps se titrent entièrement par la potasse 0,2 N en présence de mannite, jusqu'à virage au rouge de la phénolphtaléine, en donnant du métaborate et du fluorure. Leur analyse montre d'autre part qu'on ne peut pas les considérer comme des mélanges d'acide borique et de fluorhydrate de potassium. Nous ne pouvons encore interpréter la constitution de ces sels.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'ozonide du nopinène*. Note (1) de MM. **Georges Brus** et **G. Peyresblaques**.

Nous avons étudié la fixation de l'oxone par le nopinène et la coupure de l'ozonide formé.

1° Le *nopinène* étudié avait les constantes (2) :

$$\text{Éb.} = 162\text{-}163^\circ; \qquad d_{15} = 0,8712; \qquad n_D^{15} = 1,4861;$$

$$[\alpha]_j = -22,4; \qquad [\alpha]_v = -23,8; \qquad [\alpha]_i = -23,4; \qquad \frac{[\alpha]_v}{[\alpha]_j} = 1,06.$$

2° L'*ozoniseur* est constitué par cinq appareils de Guntz (10 tubes de Berthelot), disposés en série. Chaque ozoniseur est relié directement aux bornes du secondaire d'un transformateur.

Primaire : 135 volts (survoltage du secteur) 4,4 ampères. Secondaire : 10800 volts 0,055 ampère. Intensité dans chaque ozoniseur : 0,0055 ampère. Vitesse du courant d'oyygène : $0^l,3$ par minute.

Un litre de O^2 donne (Schönbein) $0^g,09$ d'ozone. Rendement de l'appareil : 6,5 pour 100.

---

(1) Séance du 19 novembre 1928.

(2) j, v, i sont les radiations jaune ($578^{\mu\mu}$), verte (546) et indigo (492) de l'arc au Hg.

3° *Marche de l'ozonisation.* — L'oxygène ozonisé vient barboter dans une solution de 5^g de nopinène (I) dans 30^{cm^3} de chloroforme pur, refroidie à 0°. Les gaz sont ensuite recueillis dans une solution de KI. Tous les cinq litres d'oxygène, on dose O^3 non absorbé pendant le passage du sixième litre de gaz. En portant en abscisses les volumes d'oxygène envoyés dans l'appareil, en ordonnées les quantités de O^3 non absorbées par le nopinène, on trace la *courbe d'ozonisation* qui permet de suivre la fixation de O^3. L'ozone est complètement absorbé pendant le passage des 20 premiers litres environ, puis, la proportion de O^3 non absorbée croît très brusquement et augmente à peu près linéairement jusqu'à la fin de la réaction.

Pour établir la courbe d'ozonisation, il faut maintenir la dilution constante en remplaçant le chloroforme entraîné par le courant gazeux (on ajoute 2^{cm^3} par demi-heure). L'expérience nous a montré en effet que la fixation de O^3 se ralentit au fur et à mesure de l'évaporation du solvant.

4° *Ozonide du nopinène. Coupure.* — Lorsque O^3 n'est plus absorbé, on évapore $CHCl^3$ dans le vide. L'*ozonide* (II) $C^{10}H^{16}O^3$ se présente sous la forme d'une huile incolore, très visqueuse, qui, longuement refroidie à 0°, cristallise partiellement. Sa coupure nécessite l'ébullition avec la potasse à 5 pour 100, ou l'acide acétique, ou un entraînement à la vapeur. Elle donne : de l'*eau oxygénée*, du *formol*, de la *nopinone* (III) et de très petites quantités d'un *corps cristallisé*, F. 125-126°. Le *formol* a été caractérisé par les réactions habituelles. La *nopinone* $C^9H^{14}O$, rectifiée, cristallise à 0°.

$$E = 209, \quad E_7 = 78\text{-}79°, \quad d_{15} = 0,980, \quad n_D^{15} = 1,4782,$$
$$[\alpha]_D = +18,40, \quad [\alpha]_j = +19,51, \quad [\alpha]_v = +24,94.$$

Elle a été caractérisée chimiquement par la formation du trichlorure $C^{18}H^{29}OCl^3$, F. 145-146°, par fixation de HCl en solution alcoolique.

Le rendement en nopinone pure est d'au moins 50 pour 100. Cette nouvelle préparation est la meilleure. Wallach [1] n'obtenait que 43^g de nopinone à partir de 100^g de nopinate de soude qui se prépare lui-même avec de mauvais rendements à partir du nopinène [2]. Les faibles quantités de corps cristallisé rendent son étude difficile. Nous pensons avoir affaire à une lactone (V) provenant d'un peroxyde de nopinone obtenu par coupure de l'ozonide sans formation de H^2O^2. Les recherches sont continuées.

---

(1) WALLACH, *Liebigs Annalen*, 357, 1906, p. 227.

(2) WALLACH, *loc. cit.*, et G. BRUS, *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 501.

CH² + O³ → CH²—O—O—O + H²O → H²O² + HCHO + CO (III) ; HCHO + C(O—O) (IV) → CO—O (V). (I). (II). (III). (IV). (V).

5° *Ozonisation quantitative du nopinène. Dosage du groupe* CH²=. — Les beaux travaux de Grignard et ses élèves (¹) sur les ozonisations quantitatives nous ont incités à doser le groupement CH²= d'après la quantité de formol obtenue par coupure de l'ozonide. Nous avons suivi la technique de ces auteurs, légèrement modifiée par suite de la difficulté de couper totalement l'ozonide du nopinène. Nous avons trouvé 93 pour 100 de la forme CH²= et pouvons conclure que le nopinène peut se doser ainsi presque quantitativement. Cette méthode constitue le *seul dosage chimique du nopinène*, son dosage à l'état de nopinate de soude étant illusoire (²).

6° *Conclusions.* — Les premiers résultats de cette étude sont, en plus de *l'obtention de l'ozonide du nopinène* et de *l'étude de sa courbe d'ozonisation :*

a. Une *préparation nouvelle et directe de la nopinone,* avec un rendement très supérieur à ceux obtenus jusqu'ici et qui pourra permettre d'intéressants travaux sur cette cétone.

b. Un *dosage chimique très approché du nopinène.* — Les recherches sont continuées, en vue d'établir avec certitude la constitution du corps cristallisé auquel nous avons fait allusion, de rendre si possible quantitatif et d'appliquer à l'analyse des essences de térébenthine, le dosage du nopinène.

(¹) Voir Escourrou, *Thèses*, Lyon, 1922 et 1925, et *Bull. Soc. chim.*, 43, 1928, p. 1088.

(²) G. Dupont et G. Brus, *Annales de Chimie*, 9e série, 18, 1923, p. 186.

GÉOLOGIE. — *La structure de la bordure méridionale du Massif primaire des Asturies*. Note de M. **Raymond Ciry**, présentée par M. H. Douvillé.

Dans les provinces de Palencia et de Leon, les terrains primaires des Asturies sont bordés au Sud par une étroite bande crétacée, qui court sur une centaine de kilomètres depuis la Robla jusqu'à Cervera de Rio Pisuerga (¹).

Ce Crétacé constitue la couverture normale du massif primaire asturien. Il comprend à la base des argiles à graviers quartzeux, auxquelles succèdent des grès à Radiolites représentant le Cénomanien et le Turonien. Puis viennent des marnes à Échinides, avec bancs gréseux subordonnés, appartenant à l'Emschérien et surmontées par des bancs plus calcaires, représentant probablement tout le Crétacé terminal, mais avec du Campanien seul bien caractérisé. Une émersion s'est produite à la fin du Crétacé. Au Tertiaire reviennent des poudingues dont l'âge, en l'absence de fossiles, reste mal précisé. Des considérations d'ordre tectonique permettent seulement d'y distinguer deux ensembles. Le premier, encore fortement plissé, est constitué par des poudingues formés presque exclusivement d'éléments empruntés au Crétacé. Leur existence même ainsi que l'allure de leurs affleurements fournissent l'indice de mouvements antérieurs au paroxysme qui les a repris : c'est la série que, plus à l'Est, Larrazet (²) a rangée, dans l'Éocène supérieur. Le deuxième ensemble, resté à peu près horizontal, repose en discordance sur les divers terrains antérieurs; il est d'âge oligocène pour les auteurs; nous dirions plus volontiers d'âge postpyrénéen.

Au point de vue tectonique, sauf dans la région comprise entre La Mata au sud de Boñar et La Ercina, dont il sera question plus loin et où l'on observe encore la superposition normale du Crétacé sur le Primaire, la série Crétacé-Éocène apparaît verticale ou même le plus souvent, plongeant fortement au Nord sous le Primaire (³).

(¹) Voir le *Mapa geologico de España*, au $\frac{1}{400000}$, feuilles nos 3 et 4, et le *Mapa militar itinerario de España* au $\frac{1}{200000}$, feuille no 14.

(²) M. Larrazet, *Recherches géologiques sur la région orientale de la province de Burgos et sur quelques points des provinces d'Álava et de Logroño* (*Thèse*, Paris, 1896).

(³) P. Termier, *Contribution à la connaissance de la tectonique des Asturies : plis hercyniens et plis pyrénéens, charriages antestéphaniens et charriages postnummulitiques* (*Comptes rendus*, 166, 1918, p. 793).

Cette disposition a fait penser que le pays paléozoïque tout entier pouvait peut-être venir du Nord et constituer une nappe reposant sur le Crétacé. Mais l'étude stratigraphique détaillée de la bande crétacée montre qu'elle correspond à une série renversée et qu'elle doit être considérée comme le revêtement d'une masse anticlinale de terrains paléozoïques poussés vers le Sud. La naissance du pli-couché peut d'ailleurs être suivie entre La Acisa et Yugueros. En allant vers l'Est à partir de la première de ces localités, on voit les couches crétacées, plongeant d'abord normalement au Sud, se redresser progressivement, devenir verticales vers La Ercina, retomber ensuite et plonger au Nord près de Yugueros. Le genou anticlinal a partout disparu. Par contre, le synclinal qui lui fait suite est parfois directement observable, par exemple à l'ouest d'Aviñante et il peut se compléter d'un deuxième anticlinal, plus méridional et également déversé vers le Sud; c'est le cas à Villanueva de la Peña.

Ainsi, *suivant la bordure méridionale des Asturies, des mouvements au Sud amènent le pays primaire à retrousser la couverture crétacée; celle-ci dessine un synclinal ouvert au Sud et plus ou moins chevauché au Nord par la masse anticlinale paléozoïque.*

Entre La Aciza et Boñar, la structure générale se complique d'une digitation locale du Massif asturien. Dans cette région, un pli anticlinal faillé, poussé du Sud vers le Nord, s'individualise dans le Primaire : c'est le Massif de San Adrian et de Veneros. Il supporte sur son flanc sud la couverture normale de Crétacé et isole au Nord en le chevauchant, le petit diverticule crétacé de Las Bodas. Vers l'Ouest, cet accident s'atténue vite : non loin de La Mata, on peut voir la couverture du flanc sud tourner autour de l'anticlinal pour l'envelopper périclinalement.

GÉOLOGIE. — *Observations géologiques sur la région de Velez-Rubio (Prov. d'Almeria).* Note de MM. **P. Fallot** et **R. Bataller**, présentée par M. Pierre Termier.

Le massif cristallin bétique de la Sierra de las Estancias s'ennoie graduellement vers le Nord-Est pour se terminer à Lorca. Sa bordure nord-ouest forme une zone déprimée complexe, jalonnée par les localités de Chirivel et Velez-Rubio, limitée à son tour par une série de montagnes de calcaires jurassiques s'étendant de la S^a^ de Orce par la S^a^ de Maria et le Gigante jusqu'à la S^a^ Culebrina, près de la Zarzilla de Ramos. Nous avons

étudié le contact de la série secondaire et tertiaire de ces zones avec le Bétique.

Le bord septentrional du massif cristallin supporte du Permo-Trias, complété par des calcaires à pistes du Muschelkalk et des dolomies bleues. Cet ensemble est peut-être complexe, à en juger par la coupole de dolomies du Calar qui semble apparaître en fenêtre, sertie de Permo-Trias écrasé au milieu des schistes cristallins du sud du C° La Alqueria.

Au nord de ce Bétique, dans la dépression Chirivel-Velez-Rubio, une série de collines escarpées, alignées du C° de los Bernardinos à Xiquena, est formée de lambeaux, en partie verticaux, de Lias, de Tithonique écrasé et de Lutétien, reposant sur, ou fichés dans, le Permo-Trias. Il ne serait pas impossible que certains de ces lambeaux appartinssent encore à un synclinal pincé entre deux digitations bétiques, car on retrouve les schistes cristallins et le Permo-Trias *plus au Nord*, presque en contact avec les marnes crétacées qui constituent une large bande écrasée, au pied sud-est de toute la chaîne calcaire. Ces marnes, formées en partie de « couches rouges » sénoniennes, présentent une grande extension au sud comme au nord de la chaîne calcaire. l'Éocène est localement conservé dans leurs replis, à l'exclusion, semble-t-il, de l'Oligocène.

Le Rio Claro traverse la chaîne et sépare la S^a^ de Maria du massif Montreviche-Gigante. Sa profonde vallée, qui entame, depuis le nord-est de Velez-Blanco, les marnes crétacées qui dessinent en plan dans cette dépression un « rentrant » de plus de 4^{km}, et des chevauchements du Jurassique du flanc sud des Sierras de Maria et Montreviche sur le Sénonien, incitent à considérer que toute la chaîne jurassique repose sur ce Crétacé.

En réalité le problème est plus complexe. Le massif du Maimon, accolé au sud de la S^a^ de Maria, est affecté d'un synclinal de « Couches rouges » fortement déversé vers le Sud-Est. Une coupe de la S^a^ de Maria, au nord de Chirivel, y révèle un grand anticlinal affecté d'un repli de Crétacé synclinal, presque droit [celui sans doute que Nicklès signale, un peu déversé, à la Hoya del Bancal (1)]. Entre Velez-Blanco et Maria, bien que les dolomies et calcaires jurassiques paraissent chevaucher en de nombreux points le Crétacé, on retrouve du Tithonique et des calcaires qui, subordonnés à celui-ci, militent en faveur de l'ennoyage de la S^a^ de Maria vers le Nord-Est. L'extrémité de la Muela de Montreviche, qui domine à l'Est

(1) R. NICKLÈS, *Sur l'existence de phénomènes de charriage en Espagne dans la zone subbétique* (*Bull. Soc. géol. de Fr.*, 4e série, 4, 1904, p. 235).

la vallée, montre une forte inclinaison d'axe et s'ennoie vers l'Ouest en coulisse par rapport à la Sa de Maria. Le contact entre les masses jurassiques et le Crétacé se fait toujours par les calcaires oolithiques du Malm et non par les dolomies infra-liasiques, comme il en serait si le Jurassique chevauchait franchement les « couches rouges ». Enfin, dans la partie septentrionale de la chaîne, hormis quelques chevauchements locaux, on n'observe que des synclinaux de Crétacé, normaux, tandis que plus au Nord encore, l'Oolithique disparaît sous le Crétacé qui supporte à son tour de l'Éocène.

Il semble donc que la chaîne Orce-Gigante se présente en éventail : au Midi, asymétrie, voire déversement vers le Sud-Est; dans la partie axiale, plis droits; dans la bordure septentrionale, plissements vers le Nord-Ouest. Entre les deux tronçons de plis disposés en coulisse, la dépression de Velez-Blanco et du Rio Claro est une zone de fortes dislocations de détail.

Ainsi, la carapace du Cristallin — équivalent probable du « Bétique de Malaga » de M. Blumenthal — plonge vers le Nord-Ouest. Sa couverture de Permo-Trias, Trias, Lias, Tithonique, Lutétien est réduite à des lambeaux et lentilles égrénés selon la zone Chirivel-Velez-Rubio, et tout se passe comme si cette portion externe de l'édifice bétique s'était légèrement encapuchonnée dans la série secondaire qui est plus au Nord, imposant au Jurassique de la chaîne Orce-Gigante son refoulement partiel vers le Sud-Est et broyant les marnes du Sénonien au contact.

Il n'est pas encore possible d'interpréter cette apparence ni de définir l'unité, pénibétique ou subbétique, à laquelle appartient le complexe Orce-Gigante.

Des *plissements à grand rayon de courbure* ont créé, après le Miocène inférieur, le relief des Sierras de las Estancïas et Tercia, et c'est en partie à eux que sont dus le redressement et le coincement des lambeaux de Secondaire et de Nummulitique de la dépression Chirivel-Velez-Rubio, ainsi que le dispositif plongeant, relativement accentué, par lequel le Cristallin disparaît, vers le Nord-Ouest, sous sa couverture.

GÉOLOGIE. — *Sur la stratigraphie post-hercynienne du versant méridional du Haut-Atlas en pays Glaoua* (*Maroc*). Note de M. **Léon Moret**, présentée par M. Pierre Termier.

Les hautes crêtes hercyniennes et éruptives de l'Atlas de Marrakech subissent dans la région du col de Télouet une forte inflexion axiale qui

provoque leur enfouissement sous la couverture sédimentaire post-hercynienne. Celle-ci, très développée sur tout le versant Nord de la chaîne, se prolonge ici, mais réduite au seul Permo-Trias, en un gigantesque pont qui passe au droit du col pour rejoindre les hauts plateaux faiblement inclinés du versant Sud, dont la constitution stratigraphique est la suivante :

1° *Permo-Trias.* — Conglomérats, grès, argiles salifères rouges, impossible à subdiviser, se terminant à la partie supérieure par une ou plusieurs coulées de roches vertes (dolérites) coupées de filonnets de quartz agate très caractéristiques. Les conglomérats contiennent surtout des galets de roches éruptives rouges et de quartzites.

2° *Jurassique.* — C'est un *Jurassique rouge*, lagunaire, qui débute dans l'ouest de la région étudiée (Assif Tamanat, Télouet) en bord de lentille pour se développer vers l'Est (Ounila, Bou Seksou) en étendue et puissance et en devenant de plus en plus marin. Il est partout compris entre les roches vertes triasiques et les conglomérats rouges de la base du Crétacé et comporte des dolomies, cargneules, marnes à gypses avec plaquettes calcaires intercalées par paquets çà et là. Au sud de Télouet, une barre de calcaire cristallin à moules de Bivalves et Polypiers termine le complexe à la partie supérieure. Plus à l'Est, aux calcaires gris en plaquettes s'associent des calcaires oolithiques grumeleux et lumachelliques, des calcaires à entroques, des calcaires marneux fins, des microbrèches, et cela aux dépens des formations lagunaires. Toutefois, le sommet de la formation est ici marqué par le développement progressif de marnes puissantes avec bancs de gypse, sur lesquelles les conglomérats rouges du Crétacé sont légèrement discordants. J'ai pu découvrir quelques fossiles dans les bancs calcaires : Brachiopodes, Huîtres, Pseudomélanies, gros Bryozoaires à l'amont de la Zaouia n'Aït Aïssa; *Zeilleria*, Pentacrines, Nérinées, *Solenopora* (?), au Tizi n'Toullintat. Le Malm, le Dogger et peut-être même le Lias semblent devoir être représentés dans cet important complexe.

Ce *Jurassique rouge*, qui rappelle d'une façon frappante celui de l'extrémité occidentale du Haut-Atlas récemment décrit par Ed. Roch [1] et qui se prolonge insensiblement vers l'Est par les affleurements signalés par L. Gentil entre Demnat et le Dj. Anremer, confirme l'hypothèse de J. Savornin relative à l'émersion du massif central de l'Atlas pendant le Jurassique.

---

[1] *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 422.

3° *Crétacé inférieur.* — Grès rouges à stratifications entre-croisées, et surtout conglomérats, très développés à la base (galets d'agate et de roche éruptives permo-triasiques, calcaires gris jurassiques suivant les points, etc.). Pas de fossiles. Par son aspect et sa situation, cette formation rappelle celle décrite par moi l'an dernier sur le versant Nord de la chaîne [1]. Elle s'étend probablement du Valanginien au Cénomanien.

4° *Crétacé supérieur.* — Sur la série précédente repose, presque partout, une épaisse barre de calcaire cristallin d'un jaune clair, parfois finement gréseux, à moules de fossiles indéterminables. Dans l'Imini, quelques bancs calcaires analogues ou de calcaires à silex séparés par des marnes rouges à gypse s'intercalent à ce niveau, qui représente peut-être le Cénomanien supérieur ou le Turonien.

Enfin, la série se termine par des marnes rouges à gypse que, par comparaison avec ce qui se passe sur le versant Nord de l'Atlas, je rapporte au Sénonien.

5° *Éocène.* — Sur le talus des marnes sénoniennes, et couronnant tous les plateaux du versant méridional de l'Atlas en cette région, s'édifient les formations éocènes phosphatées à Thersitées.

OCÉANOGRAPHIE. — *Le volcanisme abyssal et la double circulation océanique.* Note de M. **J. Thoulet.**

Si l'on examine un profil en long densimétrique, plus particulièrement en σ_0, par lignes brisées, s'étendant au-dessus de volcans, sur une certaine longueur, entre la surface de la mer et le sol, on remarque que depuis le fond jusque vers 300 brasses de profondeur, en zone basse, les indentations des isobathes se suivant alternativement de haut en bas vers le bas et vers le haut offrent entre elles un parallélisme indiscutable. La zone haute, plus mince, manifeste une disposition analogue mais qui n'est pas la même, tandis qu'à leur limite commune s'étend une étroite zone-irrégulière.

Cette disposition indique dans le plan vertical du profil en long toute une série de colonnes liquides verticales juxtaposées, les unes d'eau montante, les autres d'eau descendante s'étendant sur toute ou sur une partie de l'épaisseur verticale du profil, tandis qu'à la limite commune de la zone basse et de la zone haute règne une sorte de confusion locale entre les deux symétries différentes.

(1) *Bull. Soc. géol. de Fr., compte rendu sommaire*, 4e série, 27, 1927, p. 163.

L'ensemble peut se traduire densimétriquement de la manière suivante. Il existe au sein de l'Océan une double circulation de zone haute et de zone basse, l'une d'origine solaire, l'autre d'origine volcanique interne, l'une d'eau lourde descendante, l'autre d'eau légère ascendante. Cette double circulation, si lente qu'elle puisse être, a pour effet d'établir le plus parfait et le plus prompt mélange des eaux océaniques dont l'homogénéité chimique et physique sans cesse détruite à la surface par l'évaporation, au fond par l'apport des eaux volcaniques plus ou moins salées, a sans cesse besoin d'être reconstituée par un brassage infiniment calme en même temps qu'infiniment puissant.

Cet effet d'agitation perpétuelle, ce mélange continuel d'eaux alourdies et d'eaux allégées, est assuré par les variations incessantes de densité des liquides en conséquence des alternatives diverses, en surface, d'eau devenant tantôt plus lourde et tantôt plus légère par les mille combinaisons de l'évaporation superficielle, de l'échauffement solaire, des météores aqueux, des glaces, au fond par la chaleur interne, l'apport d'eau volcanique plus ou moins chaude, plus ou moins salée, et enfin, en haut et en bas, par la diffusion saline.

Le volcanisme abyssal est par conséquent le puissant agent de la remise éternelle en équilibre chimique et physique, le continuel conservateur de l'unité de composition des eaux océaniques perpétuellement détruite par l'éternel cycle de l'eau sortant éternellement de la mer à l'état d'eau douce afin de permettre à la terre la vie des êtres et des choses et y revenant sans cesse en conservant au vaste océan sensiblement la même salure.

Nota. — Faute de figures, on pourra, pour la lecture de cette Note, se reporter aux graphiques accompagnant mon Mémoire : *Étude densimétrique dans le Pacifique* (*Ann. de l'Inst. océanogr.*, nouvelle série, 4, VII, décembre 1927).

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Influence des traumatismes sur les migrations de substances chez les végétaux.* Note de M. **R. Combes**, présentée par M. M. Molliard.

J'ai montré récemment (1) que la méthode de Sachs appliquée à l'étude des migrations de substances présente une importante cause d'erreur qui la rend inutilisable. Il restait à déterminer la nature de cette cause d'erreur.

(1) R. Combes, *Étude critique de la méthode de Sachs appliquée à la mesure des migrations de substances* (*Comptes rendus*, 187, 1928, p. 666).

L'emploi de la technique de Sachs comportant le prélèvement de moitiés de feuilles au début du jour ou au début de la nuit, la récolte des autres moitiés à la fin du jour ou à la fin de la nuit, et enfin la comparaison entre elles de ces deux séries de fragments foliaires, j'ai pensé que les traumatismes produits au moment du premier prélèvement, lorsque les feuilles sont incisées au voisinage de leur nervure médiane, étaient susceptibles de modifier les phénomènes de migration dans les tiges feuillées et de provoquer ainsi les erreurs constatées. J'ai entrepris un certain nombre d'expériences en vue de contrôler la valeur de cette hypothèse.

La technique la plus précise pour déterminer l'influence que peuvent exercer les traumatismes sur les phénomènes de migration consisterait à comparer le sens et l'intensité des migrations chez des organes non traumatisés et chez des organes traumatisés. Il est toutefois impossible d'opérer ainsi, car pour connaître le sens et l'intensité des migrations qui se produisent entre une feuille et une tige au cours d'une nuit par exemple, il est indispensable que du tissu soit prélevé au commencement de la nuit, ce qui nécessite une lésion de la feuille au début de l'expérience, et que ce tissu soit comparé à un autre fragment de feuille prélevé sur le même organe à la fin de la nuit. J'ai donc dû me limiter à comparer les migrations chez des feuilles ayant subi, les unes un faible traumatisme, et les autres un traumatisme beaucoup plus considérable.

Les recherches ont porté sur les migrations nocturnes. Les expériences furent effectuées sur de grandes feuilles (Figuier, Platane), ou de grandes folioles (Marronnier), de façon que les organes devant subir un grand traumatisme puissent être incisés sur la plus grande longueur possible et que soit ainsi plus grande la différence entre les petites et les grandes lésions.

L'étude des migrations chez les feuilles faiblement traumatisées a été faite en opérant chaque fois sur 100 feuilles; dans l'une des moitiés de chacune d'elles, à l'aide d'un emporte-pièce, une petite rondelle de tissu de 1^{cm} de diamètre était prélevée au début de la nuit; à la fin de la nuit, une rondelle semblable était détachée dans l'autre moitié; les deux lots de 100 rondelles étaient alors comparés au point de vue de leur teneur en substance sèche. L'étude des migrations chez les feuilles fortement traumatisées a été faite en opérant chaque fois sur 5 feuilles; on prélevait au début de la nuit, comme on le fait lorsqu'on applique la technique de Sachs, l'une des moitiés de chaque feuille, laissant l'autre, pourvue de sa nervure médiane, sur la plante; on produisait ainsi des lésions d'autant plus grandes que les feuilles étaient plus longues; 100 rondelles de tissu étaient alors détachées dans ces

cinq premières moitiés (20 par demi-feuille) à l'aide de l'emporte-pièce; à la fin de la nuit, les cinq autres moitiés de feuilles étaient récoltées à leur tour, et fournissaient un second lot de 100 rondelles que l'on comparait au précédent.

J'ai résumé, dans le tableau ci-dessous, quelques-uns des résultats obtenus en opérant sur les folioles de Marronnier. Les expériences ont été faites en 1927 à Vaudrampont, dans la forêt de Compiègne. Les quantités de substance sèche contenues dans chaque lot de 100 rondelles de tissu foliaire sont exprimées en milligrammes.

	Folioles faiblement lésées.			Folioles fortement lésées.		
	Premier prélèvemt.	Deuxième prélèvemt.	Différence.	Premier prélèvemt.	Deuxième prélèvemt.	Différence.
8 au 9 juin	333	331	−2	412	395	−17
10 au 11 juin	406	398	−8	474	438	−36
30 au 31 octobre ...	313	310	−3	288	274	−14

Une feuille ayant subi, au début de la nuit, un grand traumatisme, enlèvement d'une moitié du limbe, comme cela a lieu quand on utilise la méthode de Sachs, laisse donc émigrer vers la tige, au cours de la nuit, de 4,5 à 8 fois plus de substances que lorsqu'elle n'a subi qu'une faible lésion.

Des résultats analogues ont été obtenus en opérant sur le Figuier et sur le Platane.

Les traumatismes exercent par conséquent une action profonde sur les migrations qui ont lieu, pendant la nuit, des feuilles vers les tiges; ils accélèrent ces migrations. Sous l'influence de l'excitation traumatique, il se produit dans les feuilles une véritable évacuation de substances, tellement rapide que les résultats en sont facilement perceptibles quelques heures après l'excitation par simple pesée des tissus. Cette action des traumatismes sur les échanges de matière entre les organes explique les erreurs que comporte l'application de la méthode de Sachs.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la présence d'un champignon parasite dans les anthéridies de* Marchantia polymorpha *et son action sur la gamétogénèse.* Note de M. **P. Gavaudan**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

La présence de Champignons dans les rhizoïdes et le thalle de nombreuses hépatiques est connue depuis longtemps; on a beaucoup discuté pour savoir s'il s'agissait d'une symbiose ou d'un véritable parasitisme : l'incerti-

tude à ce sujet est d'autant plus grande que l'on connaît très peu de choses sur le développement de ces champignons, leur structure et leur mode de reproduction.

Nous apportons dans cette Note quelques renseignements nouveaux sur une espèce rencontrée fortuitement dans les chapeaux mâles du *Marchantia polymorpha;* les échantillons provenaient des jardins du Muséum d'Histoire naturelle de Paris et nous avions noté au moment de la récolte le brunissement rapide et prématuré de certains chapeaux mâles avant leur complet développement.

C'est en étudiant la gamétogénèse normale chez le *Marchantia* que nous avons reconnu la cause de cette altération et de ce brunissement.

De nombreux filaments mycéliens se rencontrent au voisinage des anthéridies perforant les membranes des cellules limitant les cryptes et les colorant en rouge brun. Ridler, qui a observé en 1922 un champignon analogue dans le *Pellia epiphylla* et vu des hyphes mycéliennes à proximité des anthéridies, a cru « qu'aucune connexion directe n'existait entre les hyphes du thalle et l'anthéridie » ([1]).

Nos observations montrent ce fait important que, tout au moins chez le *Marchantia polymorpha*, les filaments mycéliens ne demeurent pas à la périphérie des anthéridies, mais y pénètrent en divers sens, les parasitant plus ou moins complètement et déterminant parfois une castration totale de l'organe.

L'invasion mycélienne des anthéridies a lieu certainement avant la production des spermatides, stade sur lequel ont surtout porté nos observations, car le développement du mycélium est déjà assez avancé. Toutes les anthéridies d'un même chapeau ne sont pas infestées par le champignon, et l'on peut rencontrer, à côté d'anthéridies bourrées de filaments mycéliens, des anthéridies saines, renfermant des anthérozoïdes parvenus normalement à leur complet développement.

L'action du parasite est donc loin d'être constante et homogène. En outre, même dans les anthéridies infestées, on assiste à des phénomènes variables. Il y a des cas où, malgré la présence des hyphes dans les anthéridies, les anthérozoïdes semblent normaux. Dans ce cas l'infestation a pu être tardive, les éléments sexuels ayant achevé leur évolution avant que le champignon ne soit devenu dangereux.

([1]) Ridler, *The Fungus present in* Pellia epiphylla (*Annal. of Botany*, 36, 1922, p. 199).

Mais dans d'autres cas (ceux au contraire où l'infestation puissante a dû se produire de bonne heure) les éléments sexuels ont subi des modifications appréciables portant sur leurs dimensions et sur les phénomènes chromatiques de l'évolution du noyau et du blépharoplaste. Nous avons rencontré des spermatides typiques (identifiables par leur forme triangulaire et leur groupement binaire) atteintes de nanisme; les éléments normaux ayant environ 3^{μ} sur 5^{μ}, on assiste à une réduction de taille très nette, de moitié ou plus. Nous nous proposons de revenir plus tard, s'il y a lieu, sur l'évolution pathologique de ces spermatides.

Enfin, dans certains cas, l'action du champignon se fait sentir à distance, car on rencontre parfois des éléments sexuels modifiés sans que la présence de filaments mycéliens soit immédiatement voisine.

Le champignon qui parasite ainsi les chapeaux mâles de *Marchantia polymorpha* est susceptible de produire des pycnides remplies de conidies, que l'on remarque à un faible grossissement, et qui ressemblent dans ces conditions aux anthéridies environnantes.

GÉOGRAPHIE BOTANIQUE. — *Sur l'origine des Campos brésiliens et sur le rôle des Imperata dans la substitution des savanes aux forêts tropicales.* Note de M. **Aug. Chevalier**, présentée par M. H. Lecomte.

Auguste de Saint-Hilaire a appelé l'attention il y a environ un siècle sur les *campos* du centre et du sud du Brésil, vastes étendues de terrains couverts d'une végétation prairiale sans arbres (*campos limpes*) ou avec des arbres chétifs bas et assez espacés pour qu'un cavalier puisse circuler à travers cette brousse (*campos cerrados*). Des formations absolument semblables s'observent en Afrique tropicale, dans la zone soudanaise ainsi qu'à Madagascar.

Les prairies, incendiées annuellement, qui couvraient des aires considérables il y a un siècle au cœur du Brésil (*campos geræs*) se sont encore multipliées depuis, par suite du déboisement et de l'abandon par l'agriculture des terrains épuisés que ne recouvre plus qu'une maigre végétation d'herbes dures, brûlées chaque année par le feu de brousse.

Ainsi que l'a écrit dès 1831 A. de Saint-Hilaire, il existe des campos naturels sur les sols arides, mais les campos artificiels qui ont succédé aux forêts détruites par l'homme et que les incendies ont empêché de se reconstituer sont de beaucoup les plus vastes. Ce savant avait déjà commencé à démêler il y a un siècle les changements de face de la végétation brésilienne

dus à l'intervention de l'homme. La notion de succession dans les associations végétales mise en lumière depuis une vingtaine d'années par les phytogéographes pour les pays tempérés s'applique également aux formations tropicales. A l'aide de cette notion, on peut suivre tous les stades entre la forêt primitive et les campos les plus dégradés, ainsi que je l'ai constaté récemment dans l'État de São-Paulo.

Il existe dans le Moyen-Brésil deux sortes de forêts primitives : la forêt dense humide avec épiphytes et lianes analogue à la forêt vierge équatoriale d'Amazone, d'Afrique et d'Indo-Malaisie et la forêt xérophile à feuilles caduques, homologue de la brousse soudanaise et de la forêt clairiérée de l'Indo-Malaisie.

L'homme détruit fréquemment ces deux sortes de forêts, mais surtout la première, pour faire ses cultures; il abat les arbres et plante sur les places libres du manioc, du maïs, etc. Avant l'arrivée des Européens, les Indiens pratiquaient déjà ces cultures. Non fumées, mal entretenues, les cultures ainsi établies prospèrent néanmoins, grâce à l'humus accumulé et aux propriétés spéciales des sols forestiers tropicaux, mais elles sont bientôt envahies par des mauvaises herbes qui deviennent les commensales redoutables des plantations. Les plus envahissantes, celles qui obligent l'homme primitif à abandonner les terrains cultivés prématurément appartiennent au genre *Imperata*, graminée vivace dont les graines aigrettées sont apportées par le vent et qui ne prospèrent que sur des terrains assez fertiles. Deux espèces sont particulièrement redoutables, *I. cylindrica* en Afrique et en Asie, et *I. brasiliensis* (Sape des Brésiliens) dans le Nouveau-Monde.

Sur les places déforestées, les *Imperata* forment d'immenses prairies, hautes de $0^m,60$ à $1^m,50$, très denses, grégaires, excluant tout autre végétal. On les nomme Savanes d'*Alang*, à Java, *Cogonales* aux *Philippines*, *Sapesaès* au Brésil. Le pouvoir de pénétration des rhizomes est si grand que nous les avons souvent vu traversant de part en part des racines vivantes d'arbres croissant au voisinage (notamment dans les plantations d'Hevéa d'Indochine). Les chaumes fleurissent ordinairement à la saison des pluies. Quand le vent a emporté les aigrettes, feuilles et chaumes se dessèchent. Deux alternatives peuvent alors survenir : ou bien le *sapesal* n'est pas atteint par le feu de brousse; la base des feuilles pourrit et forme un peu d'humus, des graines de plantes ligneuses tombent et germent sous l'épais fourré de feuilles sèches d'*Imperata*. Après une année, certains arbustes dépassent déjà les nouvelles pousses de la graminée et les ombragent. L'*Imperata* étant essentiellement héliophile cesse de fleurir, ses colonies s'appauvrissent pendant que la forêt secondaire nommée *caapueras* se constitue. Vers la 7ᵉ année cette forêt peut atteindre 8 à 10^m de haut, elle prend alors le nom de *caapueroes* et les dernières taches d'*Imperata* ont disparu du sous-bois.

Si au contraire le feu de brousse atteint le *sapesal* et se renouvelle chaque année, la formation suit une tout autre évolution. Quelques semaines

après le passage du feu, on voit pointer de nouvelles pousses d'*Imperata*; le chaume très court se développe avant les feuilles et fleurit au ras du sol.

Le feu constitue un facteur comparable aux facteurs climatiques; en agissant sur la végétation il produit le phénomène dénommé par Warming *adiatamento* (avancement) ou précession du printemps: c'est ainsi qu'il provoque la floraison précoce au ras du sol de l'*Imperata*; les feuilles ne s'allongent qu'assez longtemps après et restent aussi plus courtes. Aussi la prairie que forment ces nouvelles pousses est moins haute et moins robuste que celle de l'année précédente, mais elle progresse et envahit toutes les places libres par ses rhizomes, éliminant les autres végétaux herbacés, à l'exclusion de ceux qui ont un appareil souterrain puissant.

Aucune germination de plante herbacée ou ligneuse ne se développe habituellement sur l'emplacement brûlé. Si l'incendie se répète tous les ans, les colonies d'*Imperata* deviennent de moins en moins prospères, le sol se durcit et devient une sorte de brique, l'eau n'y pénètre pas au moment des pluies, la surface est décapée et comme corrodée. Sur cette terre latérique impropre à la culture, les espèces du campos, *Graminées*, *Lantanas*, *Blepharis*, etc., font leur apparition à mesure que disparaît l'*Imperata*.

Sur les sols fertiles et profonds provenant de la décomposition des roches basiques éruptives (*terra roxa* de São-Paulo, analogue aux *terres rouges* d'Indochine), la forêt secondaire peut réapparaître à la longue et l'*Imperata* peut vivre presque indéfiniment dans les clairières; au contraire sur les sols argileux (*massapé*) ou arénacés, le *campos* s'établit pour toujours, à moins que le feu et l'érosion continuant à sévir n'amènent de nouvelles transformations et une dégradation encore plus profonde de l'ancien sol forestier.

ÉLECTRICITÉ PHYSIOLOGIQUE. — *De l'existence dans l'anneau de Vieussens de fibres sensitives à effets presseurs. Importance de cette notion pour le traitement chirurgical de l'angine de poitrine.* Note de MM. **R. Leriche** et **R. Fontaine**, présentée par M. Quénu.

Si, chez le chien, avec un dispositif expérimental convenable, on électrise les différentes parties de l'anse de Vieussens, on observe des phénomènes variés dont l'analyse a quelque intérêt au point de vue physiologique et chirurgical. Les voici très résumés :

1° L'excitation en son milieu de la branche antérieure intacte entraîne une élévation très forte de la tension intracarotidienne. L'analyse des phénomènes associés montre que cette hypertension est d'origine vasculaire et non d'origine cardiaque;

2° L'excitation de la branche postérieure intacte amène une hypotension marquée avec ralentissement du cœur;

3° Après section en leur milieu des deux branches de l'anneau de Vieussens, l'excitation des deux bouts stellaires et celle des bouts qui vont vers le ganglion moyen produisent les mêmes effets que celle des anses intactes;

4° La section du pneumogastrique au-dessous du ganglion cervical moyen ne modifie pas les réactions observées. Mais si l'on donne aux fibres du pneumogastrique le temps de dégénérer, l'excitation des deux branches intactes, celle des quatre bouts donnés par la section, celle du ganglion moyen, celle du tronc du pneumogastrique donnent une augmentation notable de la tension artérielle sans accélération du cœur;

5° Le badigeonnage du ganglion étoilé à la nicotine supprime les effets de l'excitation.

On peut conclure de ces expériences qu'il y a dans l'anse de Vieussens des fibres ascendantes et sensitives à effets presseurs, pour lesquelles le ganglion étoilé joue le rôle de centre de réflexes.

Ces fibres venues des viscères ou des gros vaisseaux rejoignent le tronc du pneumogastrique quoique appartenant au système sympathique. Elles le quittent au niveau du ganglion moyen, passent par l'anse de Vieussens, surtout dans sa branche antérieure et aboutissent au ganglion étoilé, leur centre réflexe.

L'existence de ces fibres qui n'a pas été signalée jusqu'ici donne à penser que dans l'angine de poitrine et dans certaines aortalgies, il y a lieu de compléter par la section de l'anneau de Vieussens les diverses sympathectomies que l'on essaie depuis quelques années dans le traitement de ces maladies et qui ont donné dans de nombreux cas de très remarquables résultats.

ÉLECTROOPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur les propriétés des rayons de 4-8 angströms.* Note [1] de MM. **Jean Saidman** et **Roger Cahen**, présentée par M. M. de Broglie.

Dans une Note précédente [2], l'un de nous a montré l'intérêt biologique et thérapeutique qui s'attache aux rayons X au delà de 3 Å, limite à laquelle s'était arrêté Bucky [3]. Les expériences avaient été effectuées

---

(1) Séance du 19 novembre 1928.

(2) Saidman, *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 1618.

(3) Bucky, *Müncheer Mediz. Woch*, 20, 1925, p. 802; *Strahlentherapie*, 24, 1926, p. 524.

avec un tube décrit le même jour par Dauvillier ([1]) sous le nom de « tube à rayons X de longueur d'onde effective égale à 8 unités Angström ».

Par la suite Holweck a utilisé un tube fermé par une fenêtre en aluminium, laissant passer seulement les rayons K de l'aluminium (8 Å). La mesure des coefficients d'absorption massique de la cellophane pour ces rayons ayant donné des résultats différents de ceux de Dauvillier, Holweck ([2]) attribue les effets biologiques signalés par nous à un rayonnement se rapprochant plus de 4 Å que de 8 Å.

Tout en continuant les recherches de Saidman sur l'action thérapeutique du rayonnement « jusqu'à 8 Å » et obtenu de nouveau des résultats remarquables dans l'eczéma, le psoriasis et la pelade, nous avons essayé de déterminer dans l'action biologique ce qui doit être attribué aux rayons proches de 4 Å et à ceux voisins de 8 Å.

Dans ce but, nous avons provoqué des réactions cutanées en utilisant le même tube de Dauvillier, mais en couvrant la moitié de la fenêtre de sortie des rayons avec un écran de cellophane épais de $0^{mm},06$ qui supprime pratiquement les rayons voisins de 8 Å tout en étant relativement transparent pour ceux voisins de 4 Å. Si les effets de rayonnement total (comprenant les raies M du tungstène de 6,9 à 6,1 Å, auxquelles s'ajoute un fond continu de 4 à 8 Å) étaient dus aux rayons les plus pénétrants ([3]), on devrait s'attendre à ce que les effets biologiques ou thérapeutiques ne soient guère modifiés par l'écran supplémentaire en cellophane.

Nous avons donc fait des applications de 300 milliminutes ([4]) qui ont toujours dépassé le seuil d'érythème (sauf chez le malade n° 990 qui a reçu 600 milliminutes) sur la face dorsale de l'avant-bras. Dans ces conditions, nous avons observé une action précoce et marquée dans les parties où le rayonnement de 6-8 Å était présent. Par contre, dans les zones où le

---

([1]) DAUVILLIER, *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 1460.

([2]) HOLWECK, *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 1205.

([3]) Dans les conditions d'utilisation du tube de Dauvillier, sous 2900 volts, les téguments étant exposés à 5^{mm} de la fenêtre de sortie des rayons, l'écran supplémentaire de $0^{mm},06$ de cellophane supprime 58 pour 100 du rayonnement total.

([4]) Nous avons conservé, en attendant un dosage pratique des rayons jusqu'à 8 Å, le terme provisoire de « milliminutes » qui exprime le produit du nombre des milliampères (du courant de haute tension) par le nombre de minutes d'irradiation, étant entendu que le sujet se trouve à la même distance de la fenêtre.

rayonnement filtré contenait surtout des rayons voisins de 4 Å, il n'y a pas eu de réaction, ou bien il a été noté qu'un érythème avec des caractères morphologiques différents survenait tardivement.

Voici quelques exemples :

N° 407 de l'Institut d'Actinologie. Malade atteint de laryngite tuberculeuse. Rayonnement total : réaction cutanée faible mais précoce. Rayonnement filtré : aucune réaction, même après 6 semaines.

N° 482. Malade atteinte de laryngite tuberculeuse. Rayonnement total : érythème rouge vif et précoce. Rayonnement filtré : aucune réaction, même après 2 mois.

N° 610. Rayonnement total : érythème rouge vif après 48 heures, s'accentuant progressivement avec des petites phlyctènes. Rayonnement filtré : aucune réaction pendant 2 semaines ; lors de la 3e semaine, il survient un érythème pigmentaire.

N° 1013. Malade atteinte de prurit ano-vulvaire. Rayonnement total : érythème rouge vif précoce, avec sensation de brûlure. Rayonnement filtré : aucune réaction pendant les 12 premiers jours ; ensuite pigmentation tardive.

N° 1028. Malade atteinte d'eczéma de l'oreille. Rayonnement total : érythème rouge net et précoce, suivi de desquamation laissant à nu un épiderme rose pâle entouré d'un liseré pigmentaire. Rayonnement filtré : après 20 jours on constate une pigmentation uniforme et prurigineuse.

N° 1029. Malade atteint de lichen plan. Rayonnement total : réaction érythémateuse précoce et prurigineuse. Rayonnement filtré : réaction tardive et plus pigmentée.

N° 990. Une dose de 600 milliminutes produit un érythème en moins de 48 heures dans la zone du rayonnement total et un érythème pigmentogène tardif dans la zone de la cellophane supplémentaire.

Des essais thérapeutiques effectués sur des plaques d'eczéma, de psoriasis ou de pelade soumises, les unes au rayonnement total et les autres aux rayons pénétrants filtrés, ont également montré, dans la plupart des cas, une action plus rapide et plus complète avec les rayons de 6-8 Å.

Bien que nous poursuivions encore nos recherches en essayant de préciser le seuil d'érythème [avec la méthode du test sensitométrique de Saidman (1)] pour diverses filtrations, nous pouvons déjà remarquer dans cette Note préliminaire que les réactions typiques et précoces (ressemblant à celles produites par les rayons ultraviolets) sont dues aux rayons voisins de 8 Å, tandis que celles provoquées par les radiations plus pénétrantes se rapprochent, par leur apparition tardive et leurs caractères, des érythèmes et des radiodermites bien connues avec les rayons X ordinaires.

---

(1) Saidman, *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 543.

ENTOMOLOGIE. — *Le polymorphisme du mâle (pœcilandrie) chez* Cynomyia mortuorum *L.* (*Diptère, Calliphorinæ*). *Sa signification.* Note de M. L. Mercier, présentée par M. E.-L. Bouvier.

J'ai observé que sur la côte du Calvados, à Luc-sur-Mer, *Cynomyia mortuorum* L. vole en aussi grande abondance à deux époques de l'année : au printemps (début d'avril) et en été (fin août, septembre). L'espèce présente donc deux générations annuelles.

Si les femelles capturées à ces deux époques ne montrent entre elles aucune différence appréciable dans leurs caractères morphologiques, il n'en est pas de même des mâles; ceux-ci présentent un type de printemps et un type d'été. Le polymorphisme du sexe mâle se traduit par des différences dans la taille, la chétotaxie et la conformation de certaines pièces chitineuses annexées au pénis.

1° *La taille.* — Alors que le polygone de fréquence établi pour la taille des mâles de printemps a son mode correspondant à une longueur du corps de 10^{mm}, celui établi pour les mâles d'été a un mode qui correspond à une longueur de 12^{mm}. La taille des mâles d'été est donc supérieure à celle des mâles de printemps.

2° *La chétotaxie.* — *a.* Soies frontales. Chez *C. mortuorum*, les soies frontales ne sont pas toujours en nombre égal de chaque côté de la tête. Chez les mâles de printemps, les nombres les plus fréquents correspondant à la totalité de ces soies sont : 11 (3 ♂), 12 (3 ♂), 13 (3 ♂), 14 (4 ♂). Chez les mâles d'été, les nombres correspondant aux fréquences sont : 10 (7 ♂) et 11 (8 ♂).

b. Macrochètes dorsaux du cinquième segment abdominal. Chez la femelle, la face dorsale du cinquième arceau abdominal est entièrement hérissée de gros aiguillons, alors que chez le mâle ces macrochètes discaux font défaut (Pandellé). Cependant Lundbeck (1927) [1] a signalé qu'il existe parfois des mâles de *C. mortuorum* présentant une double rangée de macrochètes sur la face dorsale du cinquième segment. Or, chez les *Cynomyia* capturés à Luc, j'ai constaté que ces macrochètes supplémentaires sont présents chez 12 sur 16 des mâles capturés au printemps, alors que chez les mâles d'été 6 sur 25 seulement en portent.

---

[1] W. Lundbeck, *Diptera Danica*, Part VII. *Platypezidae*, *Tachinidae*, 1927, p. 161. G. E. C. Gad, Copenhagen.

Au point de vue chétotaxique, on peut donc dire qu'il y a une tendance à la réduction du nombre de certains macrochètes chez les mâles d'été.

3° *Pénis et pièces annexes*. Le rapport de la longueur du pénis à certaines pièces annexes est différent selon que l'on considère des mâles de printemps ou des mâles d'été. De même, les apodèmes éjaculateurs sont de deux types nettement dissemblables. L'existence de l'un ou l'autre de ces types est indépendante de la taille de l'exemplaire considéré.

Il existe donc deux formes du sexe mâle chez *C. mortuorum* : l'une de printemps, l'autre d'été.

Or, chez les Myodaires supérieurs, on attache actuellement beaucoup d'importance à l'étude de l'appareil génital mâle; nombreuses sont les espèces qui ne peuvent être différenciées que par leurs mâles. Mais, étant donné que les imagos de printemps de *C. mortuorum* sont issus des pontes d'été de l'année précédente, et réciproquement ceux d'été des pontes de printemps de la même année, on ne peut songer à établir des espèces distinctes ([1]) pour les deux formes de mâles. Il n'est même pas possible d'envisager que la forme de printemps et la forme d'été constituent des *espèces jointives* selon le sens que j'ai donné à cette expression (1928) ([2]) dans les cas de *Lucilia silvarum* Meig. et *L. bufonivora* Mon. d'une part, et de *Pollenia rudis* Fbr. et *P. bisulca* Pand, d'autre part.

Comment interpréter le phénomène de pœcilandrie présenté par *C. mortuorum?* Les belles recherches de Roubaud (1922) ([3]) ont établi que pendant le sommeil hivernal, il se produit, chez les larves et les nymphes de nombreux Diptères, une épuration physiologique, une désintoxication. Si la cure d'épuration a été insuffisante, il apparaît souvent des malformations chez les imagos : pattes déformées ou rudimentaires, atrophie des ailes, retardement des mâles dans leur développement sexuel. L'influence des conditions internes réalisées au cours de la métamorphose ne peut être niée.

Or, si les larves et les pupes d'hiver de *C. mortuorum* font leur cure de désintoxication, celle-ci manque aux larves de printemps qui donneront les

---

([1]) Robineau-Desvoidy (*Histoire naturelle des Diptères des environs de Paris*, 2, p. 578 et 579, Masson, 1863) avait cru pouvoir différencier deux espèces de *Cynomyia*.

([2]) L. Mercier, *Quelques Calliphorinæ, types d'espèces jointives, capturés à Luc-sur-Mer* (*Bull. mensuel Soc. Lin. de Normandie*, 8e série, 1, 1928, p. 10).

([3]) E. Roubaud, *Études sur le sommeil d'hiver préimaginal des Muscides. Les cycles d'asthénie et l'athermobiose réactivante spécifique* (*Bull. Biol.*, 56, 1922, p. 455).

imagos d'été. Cette absence d'épuration physiologique peut être suffisante pour déterminer, chez les mâles de la deuxième génération du gigantisme, des modifications dans la chétotaxie et dans la conformation de certaines pièces chitineuses de l'appareil génital.

L'existence des deux types de mâles nous apparaît donc comme résultant de la coopération de facteurs internes et de facteurs externes; aussi, pour l'instant, j'interprète la pœcilandrie présentée par *C. mortuorum* comme correspondant à une variation saisonnière.

BACTÉRIOLOGIE. — *La Verdunisation dans la lutte contre la fièvre jaune.* Note de M. **P. Bunau-Varilla**, présentée par M. Calmette.

La lutte contre la fièvre jaune paraît pouvoir bénéficier dans une certaine mesure de l'application du procédé de verdunisation des eaux. On sait que cette méthode prophylactique consiste dans l'introduction automatique de 1^{g} de chlore par 10^{m^3} dans l'eau pompée, et cela immédiatement avant l'arrivée de cette eau à la pompe, cette opération détruisant tous les germes pathogènes et conférant à l'eau un pouvoir antiseptique.

C'est à l'application de cette mesure qu'il me paraît qu'on doive attribuer certaines des différences constatées entre les résultats des mêmes méthodes prophylactiques dans le golfe du Mexique et sur la côte occidentale d'Afrique. Dans la première de ces régions, on a noté une disparition presque totale de l'infection, tandis que dans la deuxième les reprises sont fréquentes. Or, dans la première région, les Américains avaient toujours compris, dans leurs mesures d'assainissement, des distributions d'eau filtrée et traitée au chlore, tandis que dans la deuxième région rien n'avait été envisagé dans ce sens.

Il est à noter que les Américains ne faisaient ces distributions que dans le but d'éviter toute stagnation d'eau dans les réservoirs individuels des maisons et pour obtenir le puisement de l'eau au robinet. Ils la filtraient et la purifiaient, mais sans attacher à ce traitement, par lui-même, une importance prophylactique quelconque au point de vue de la fièvre jaune.

Je crois pouvoir démontrer actuellement que l'état de pureté et la capacité antiseptique conférées à l'eau par la verdunisation sont aussi de nature à empêcher dans une certaine mesure le développement de la larve du *Stegomyia*, moustique propagateur de la fièvre jaune. Certains faits récents, relatifs à la biologie du moustique, plaident dans ce sens.

L'auteur anglais Bacot, membre de la Yellow Fever Commission, à la

Côte occidentale d'Afrique, a montré en 1917 que l'éclosion des œufs du *Stegomyia* est facilitée par la présence des microbes ou germes microscopiques présents dans l'eau. Ces recherches ont été confirmées et étendues par M. E. Roubaud dans trois communications parues l'an dernier à l'Académie des Sciences et à l'Académie des Sciences coloniales.

D'après M. E. Roubaud les femelles aptes à pondre ne déposent habituellement leurs œufs à la surface des eaux que si ces dernières sont impures et souillées de matières organiques et de microbes. D'autre part la présence des germes microscopiques dans l'eau exerce une action stimulante sur l'éclosion des œufs, dont le plus grand nombre n'éclosent pas dans l'eau pure. Enfin les larves, elles-mêmes mangeuses de microbes, s'accroissent rapidement dans une eau souillée, tandis qu'elles ne se développent pas dans l'eau pure.

Il est donc logique d'admettre, en s'appuyant sur ces données biologiques, que la distribution d'une eau pure et antiseptique, double condition que permet de remplir la verdunisation, peut contribuer à réaliser, dans les agglomérations citadines tropicales, la prophylaxie de la fièvre jaune. Nombre de gîtes domestiques usuels, bacs, jarres, récipients divers, s'ils sont alimentés par une eau de conduite purifiée, peuvent être ainsi rendus moins propres au développement stegomyen.

A l'appui de cette manière de voir nous constaterons la non-récurrence de la fièvre jaune à Dakar l'été dernier, coïncidant avec l'époque où la distribution d'eau verdunisée a commencé à être mise en pratique dans cette ville (juin 1928). Il est possible que le retour si redouté de la grave affection ait été en partie tenu en échec grâce à l'application de cette importante et utile mesure d'hygiène urbaine.

IMMUNOLOGIE. — *Vaccination contre le venin de Vipère et la rage expérimentale par les mélanges virus-venin avec excès de virus.* Note de Mme **Phisalix**, présentée par M. L. Bouvier.

On sait, d'après les recherches de M. A. Calmette sur le venin de Cobra, et les nôtres sur le venin de Vipère, que les animaux vaccinés contre la rage au moyen du virus rabique résistent au venin de Cobra ou de Vipère, et que, inversement, ceux qui sont hyperimmunisés avec les venins résistent à la rage expérimentale à virus fixe, inoculée dans les centres nerveux. En d'autres termes, le virus rabique, et les susdits venins, contiennent chacun un antigène rabique et un antigène venimeux, distincts l'un de l'autre, comme nous l'avons établi, en ce qui concerne le venin de Vipère.

Nous avons également signalé que le venin de Vipère, privé de son pouvoir toxique par un chauffage approprié, tue *in vitro* le virus rabique, l'empêchant ainsi d'infecter les animaux qui le reçoivent, et sans que les antigènes du virus soient altérés. Le résultat de nos expériences montre en outre que les antigènes du venin n'ont pas été modifiés non plus par son mélange avec le virus.

On peut donc prévoir que le mélange atoxique de venin chauffé et de virus, dans lequel persistent les antigènes, confèrera aux animaux qui le recevront une immunité solide et durable, tant vis-à-vis du venin que du virus rabique. C'est ce que nous nous sommes proposé de vérifier par l'expérience suivante :

Expérience. — Un encéphale de lapin mort de rage (virus fixe, de l'Institut Pasteur de Paris) est émulsionné dans 45^{cm^3} d'eau salée physiologique, et l'émulsion passée sur toile batiste (émulsion à environ 20 pour 100). Le venin de Vipère desséché est redissous au millième dans l'eau salée physiologique; la solution, chauffée en pipettes au bain-marie à la température de 75° pendant 15 minutes, perd ainsi sa toxicité.

Le mélange des deux substances est fait dans les proportions de 45^{cm^3} d'émulsion rabique pour 30^{cm^3} de solution venimeuse. Le virus y prédomine, car il suffit de 1^{cm^3} de solution au $\frac{1}{1000}$ de venin pour neutraliser 1^{cm^3} d'émulsion centésimale de virus. Le contact des deux substances est maintenu pendant 24 heures à basse température. Ce temps est nécessaire et suffisant pour assurer l'action rabicide du venin sur une certaine quantité de virus.

Deux lapins A et B, pesant chacun 2500^{g}, reçoivent d'abord deux fois le mélange sous la peau du flanc, d'après le rythme suivant, puis du virus fixe.

	Lapin A.	Lapin B.
	cm³	cm³
Première inoculation	10	5
Deuxième inoculation, 4 jours après	15	10
Troisième inoculation, 10 jours après	10	10

d'émulsion décimale de virus fixe.

Le lapin A a ainsi reçu en tout 4^{g} de virus et 10^{mg} de venin; le lapin B n'a reçu que $1^{g},80$ de virus et 5^{mg} de venin.

Épreuve contre le venin. — 8 jours après l'inoculation de virus pur, le lapin B, qui a reçu les doses moins fortes de virus et de venin, reçoit, dans le péritoine, 8^{mg} de venin, en solution au millième dans l'eau salée physiologique. Cette dose, capable de tuer rapidement un témoin de même poids, ne produit qu'une abondante diurèse, effet bien connu du venin. 6^{mg} de venin et $1^{g},8$ de virus ont donc suffi à conférer au lapin une forte immunité vis-à-vis du venin.

Épreuve contre le virus. — Un mois après l'inoculation de virus pur, les deux lapins sont éprouvés par l'inoculation d'une émulsion décimale de virus fixe, le lapin A dans la chambre antérieure de l'œil, le lapin B sous la dure-mère après trépanation : tous deux résistent; ils ont l'immunité antirabique.

Pour savoir si elle est naturelle, ce qui est peu probable, et quelle en est la durée, 6 mois après la fin de la vaccination, les lapins sont éprouvés à nouveau par le virus fixe, introduit chez tous deux, sous la dure-mère après trépanation, à la dose de $0^{cm^3},25$ d'émulsion décimale de virus : le lapin A présente classiquement les premiers symptômes de rage au 8e jour et meurt paralysé le 12e jour. Il n'avait donc pas l'immunité naturelle, et son immunité acquise avait disparu. Le lapin B qui n'avait reçu que $1^g,80$ de virus, mais $6 + 8^{mg}$ de venin, a résisté et son immunité antivenimeuse est également intacte.

Il semble bien, d'après ce résultat, que l'antigène rabique du venin se montre au moins aussi actif, sinon plus, que l'antigène rabique du virus. Sans avoir encore fixé la durée exacte des immunités acquises, et de l'immunité antirabique en particulier, nous pouvons dire toutefois qu'elle dépasse déjà de 4 mois celle que nous avions précédemment obtenue avec le venin employé seul par injections intraveineuses, et qui ne s'étendait guère au delà de 2 à 3 mois.

Ainsi le mélange de virus rabique et de venin de Vipère, contenant le virus en excès, inoculé sous la peau du lapin, le protège efficacement, à la fois contre la dose de venin qu'une forte vipère serait capable d'inoculer par sa morsure, et contre la rage expérimentale inoculée, par les voies les plus sévères d'introduction.

Cette méthode de vaccination serait aisément applicable aux animaux circulants exposés, tels que les chiens de chasse, aux morsures de leurs congénères enragés, ainsi qu'aux morsures des vipères, auxquelles ils sont particulièrement sensibles, et qui les laisse souvent privés d'odorat quand, par hasard, ils guérissent spontanément.

A 16^h30^m, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17^h.

E. P.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 3 DÉCEMBRE 1928.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE HAMY.

RENOUVELLEMENT ANNUEL

DU BUREAU ET DES COMMISSIONS ADMINISTRATIVES.

M. L. **Lecornu** est élu Vice-Président pour l'année 1929 par 47 suffrages contre 1 à M. *J. Hadamard*.

Il y a 1 bulletin blanc.

M. **P. Appell**, par 44 suffrages, et M. **E.-L. Bouvier**, par 45 suffrages, sont réélus membres des Commissions administratives.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

En offrant à l'Académie un Mémoire récemment publié à Péking [1] et intitulé *La composition minéralogique et chimique des roches éruptives et particulièrement des laves mésozoïques de la Chine orientale*, M. **A. Lacroix** s'exprime ainsi :

« Ce Mémoire consacré à l'étude des roches éruptives, recueillies en Chine par moi-même et par le P. Teilhard de Chardin au cours de ses deux missions successives, est le premier travail important consacré à la composition chimique et minéralogique des roches de l'Asie continentale nord-

---

[1] A. Lacroix, *Bull. of the Geological Society of China*, 7, 1928, p. 13-59.

orientale; il m'a été possible, grâce en particulier à 75 analyses complètes de roches, de donner la physionomie magmatique calco-alcaline d'une région étendue du nord-est de la Chine. On y trouvera le développement et le complément des conclusions préliminaires que j'ai présentées à l'Académie ([1]) au retour de mon voyage en Extrême-Orient.

« Ce Mémoire est précédé d'une Note([2]) du P. Teilhard de Chardin fournissant d'intéressantes données géologiques sur les régions d'où proviennent les roches étudiées. »

ÉLECTIONS.

M. Camille Gutton est élu Correspondant pour la Section de Physique par 35 suffrages contre 3 à M. *Jean Cabannes* et 1 à M. *Hélois Ollivier*.

M. Louis Léger est élu Correspondant pour la Section d'Anatomie et Zoologie par 41 suffrages contre 2 à M. *Louis Vialleton*.

NOMINATIONS.

M. Charles Nicolle est désigné pour représenter l'Académie aux fêtes du Centenaire de la fondation de la *Faculté de Médecine du Caire* et au *Congrès international de Médecine tropicale et d'Hygiène* en décembre 1928.

CORRESPONDANCE.

M. Auguste Lumière, élu Correspondant pour la Section de Médecine et de Chirurgie, adresse des remercîments à l'Académie.

([1]) A. Lacroix, *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 733.

([2]) Teilhard de Chardin, *Les roches post-paléozoïques du nord de la Chine* (*Bull. of the Geological Society of China*, 7, 1928, p. 1-11).

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Pierre Teilhard de Chardin. *Les Roches éruptives post-paléozoïques du nord de la Chine.*

2° *Recherches sur les calcaires paléozoïques et le Briovérien de Bretagne*, par Yves Milon. (Présenté par M. Cayeux.)

ARITHMÉTIQUE. — *Sur une propriété qui semble appartenir aux nombres premiers.* Note de M. **Long**, présentée par M. Hadamard.

Rappelons la propriété suivante, donnée en substance dans la *Théorie des nombres* de M. Cahen (I, p. 370, note) :

Si l'on considère le nombre

$$P = \pm A \pm B, \tag{1}$$

où l'on a

$$A = a^{\alpha} b^{\beta} c^{\gamma} \ldots, \quad B = d^{\delta} e^{\varepsilon} f^{\varphi} \ldots, \tag{2}$$

et où $a, b, c, \ldots, d, e, f, \ldots$ constituent les premiers nombres premiers en partant de 1 sans qu'il en manque un seul :

Ou P est premier, et alors il est supérieur au plus grand des nombres premiers $a, b, c, \ldots, d, e, f, \ldots$;

Ou P n'est pas premier, et alors il est un produit de facteurs premiers tous supérieurs au plus grand des nombres

$$a, b, c, \ldots, d, e, f \ldots$$

Ceci posé, je trouve la propriété suivante, qui peut être considérée comme une réciproque du théorème énoncé plus haut :

Tout nombre premier P *peut être mis sous la forme* (1), A et B ayant la signification donnée plus haut.

Je ne possède pas la démonstration de cette réciproque, mais je l'ai vérifiée pour tous les nombres premiers inférieurs à 100000 (c'est-à-dire pour les 9600 premiers nombres premiers).

ALGÈBRE. — *Sur l'équation $x^n = a$, où a est un tableau carré du deuxième ordre.* Note de **Herbert Ory**.

Nous résoudrons dans cette Note l'équation $x^n = a$, où a est un tableau carré du deuxième ordre,

$$a = \left\| \begin{matrix} a_1 & a_2 \\ a_3 & a_4 \end{matrix} \right\|$$

et n un nombre entier positif. Nous indiquerons le nombre de solutions que présente cette équation et étudierons quelques propriétés de ses racines. Par racine $n^{\text{ième}}$ de a, nous entendons toute valeur de x qui satisfait à l'équation proposée.

1. *Résolution de l'équation.* — La méthode que nous utilisons est basée sur la théorie des permutations, que nous supposons connue [voir, par exemple, notre article *Sur les tettarions entiers* (*Rendiconti del Circolo matematico di Palermo*, 49, p. 393-414), où un exposé succinct en est fait]. Considérons un tableau

$$S = \left\| \begin{matrix} s_1 & s_2 \\ s_3 & s_4 \end{matrix} \right\|$$

soumis, pour le moment, à la seule condition que sa norme,

$$\mathfrak{N}(S) = s_1 s_4 - s_2 s_3,$$

ne soit pas nulle. A l'aide de ce tableau S nous pouvons faire correspondre à a un nouveau tableau $b = SaS^{-1}$; b est une permutation de a; cette permutation est univoque et réciproque, c'est-à-dire qu'à un tableau a elle fait correspondre un seul tableau b et réciproquement, à b correspond par la permutation inverse un et un seul tableau $a = S^{-1}bS$.

Choisissons dès lors comme suit les éléments de S :

$$s_1 = a_1 - a_4 + \sqrt{(a_1 - a_4)^2 + 4a_3 a_3}, \qquad s_3 = 2a_3,$$
$$s_3 = 2a^3, \qquad s_4 = -(a_1 - a_4) - \sqrt{(a_1 - a_4)^2 + 4a_3 a_3}.$$

Ce choix particulier fait correspondre à a un tableau b qui prend la forme

$$b = \left\| \begin{matrix} b_1 & 0 \\ 0 & b_4 \end{matrix} \right\|.$$

C'est un tableau carré dont seuls les éléments de la diagonale principale

ne sont pas nuls. La racine $n^{\text{ième}}$ de b s'obtient facilement : il suffit d'extraire les racines $n^{\text{ièmes}}$ de ses éléments diagonaux.

En posant $y^n = b$, nous avons donc

$$y = \begin{Vmatrix} \sqrt[n]{b_1} & 0 \\ 0 & \sqrt[n]{b_4} \end{Vmatrix}.$$

A chaque valeur de y correspond dès lors, par la permutation inverse, une racine x de a :

$$x = S^{-1} y S.$$

L'équation $x^n = a$ est ainsi résolue, quel que soit l'exposant n.

Exemple :

$$x^2 = \begin{Vmatrix} 11 & 16 \\ 8 & 27 \end{Vmatrix}.$$

L'application de la méthode donne

$$x_1 = \begin{Vmatrix} 3 & 2 \\ 1 & 5 \end{Vmatrix}, \quad x_2 = -\begin{Vmatrix} 3 & 2 \\ 1 & 5 \end{Vmatrix}, \quad x_3 = \frac{\sqrt{3}}{3}\begin{Vmatrix} -1 & 8 \\ 4 & 7 \end{Vmatrix}, \quad x_4 = -\frac{\sqrt{3}}{3}\begin{Vmatrix} -1 & 8 \\ 4 & 7 \end{Vmatrix}.$$

2. *Nombre de solutions de l'équation* $x^n = a$. — $\sqrt[n]{b_1}$ et $\sqrt[n]{b_4}$ ont chacune n valeurs différentes. Il s'ensuit que y prend n^2 déterminations et, par suite, l'équation $x^n = a$ présente n^2 solutions.

3. *Propriétés des racines.* — *a.* Le produit de deux racines quelconques de l'équation $x^n = a$ est permutable. Si l'on désigne par x_i et x_r deux racines, on a $x_i x_r = x_r x_i$. En effet, à ces deux racines correspondent deux racines y_i et y_r de l'équation $y^n = b$. Or y_i et y_r sont permutables, puisque ce sont des tableaux dont seuls les éléments diagonaux ne sont pas nuls : $y_i y_r = y_r y_i = t$. La permutation utilisée étant univoque et réciproque, elle ne peut faire correspondre au produit t qu'un seul produit $t' = x_i x_r = x_r x_i$.

b. Désignons par x ($i = 1, 2, 3, \ldots, n^2$) les racines de l'équation $x^n = a$. Formons les quantités

$$x_1 + x_2 + x_3 + \ldots + x_{n_2} = \sum_i^{1 \ldots n^2} x_i,$$

$$x_1 x_2 + x_1 x_3 + \ldots + x_1 x_{n^2} + x_2 x_3 + \ldots + x_{n^2-1} x_{n^2} = \sum_{i,k}^{1 \ldots n^2} x_i x_h \qquad (i \neq k),$$

$$x_1 x_2 x_3 + x_1 x_2 x_4 + \ldots = \sum_{i,j,k}^{1 \ldots n^2} x_i x_j x_k \qquad (i \neq j \neq k),$$

. . . .

$$x_1 x_2 x_3 \ldots x_{n^2}.$$

Nous appellerons ces quantités les fonctions symétriques fondamentales des racines de l'équation $x^n = a$. Il est facile de démontrer que ces fonctions ne sont pas autre chose, abstraction faite des signes, que les coefficients des puissances successives de x dans le développement de l'expression $(x^n - a)^n$ (on ne tient pas compte du coefficient de la plus haute puissance de x).

Exemple : Soit $x^2 = a$, dont les quatre racines sont x_1, x_2, x_3, x_4. On a

$$(x^2 - a)^2 = x^4 - 2ax^2 + a^2;$$

$$\begin{aligned}
x_1 + x_2 + x_3 + x_4 &= 0 &&= \text{coefficient de } x^3,\\
x_1x_2 + x_1x_3 + \ldots + x_3x_4 &= -2a &&= \quad \text{»} \quad x^2,\\
x_1x_2x_3 + \ldots + x_2x_3x_4 &= 0 &&= \quad \text{»} \quad x,\\
x_1x_2x_3x_4 &= a^2 &&= \text{terme constant.}
\end{aligned}$$

On voit l'analogie avec les équations ordinaires.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur les probabilités relatives à la position d'une sphère à centre fixe.* Note de M. **B. Hostinsky**, présentée par M. Hadamard.

1. Soit Σ une sphère de rayon égal à l'unité et de centre fixe O, et considérons des rotations U, V, W, dont les axes passent par O. La rotation U sera déterminée par la distance polaire u_1 du point d'intersection C de son axe avec Σ, par la longitude u_2 du point C et par l'angle de rotation $2u_3$. La rotation V (ou W) sera définie par les quantités analogues v_i ou (w_i); $i = 1, 2, 3$. Les relations considérées seront ainsi représentées par les points d'un espace ε à trois dimensions. Pour les obtenir toutes, il faut faire varier u_1 de 0 à π, u_2 de 0 à 2π et u_3 de 0 à $\frac{1}{2}\pi$. L'élément de volume de ε dans le voisinage du point U (u_1, u_2, u_3) sera donné par la formule [1]

$$(1) \qquad d\tau_U = \sin u_1 \sin^2 u_3 \, du_1 \, du_2 \, du_3,$$

dont le second membre ne change pas quand on passe de U à la rotation inverse U^{-1}. Le volume total de E est égal à π^2.

Supposons que U résulte de la composition de V et de W (on opère d'abord V, puis W), ce qui s'exprime par la formule symbolique

$$(2) \qquad U = V.W.$$

[1] Cette formule a été employée par M. F. Perrin dans sa Thèse (*Étude mathématique du mouvement brownien de rotation*, p. 13. Paris, 1928).

Cette formule est équivalente à trois équations qui donnent les u_i en fonction des v_i et des w_i. Les déterminants fonctionnels des quantités u_i, soit par rapport aux v_i, si les w_i ne changent pas, soit par rapport aux w_i, si les v_i ne changent pas, ont les valeurs

$$(3)\qquad \frac{D(u_1, u_2, u_3)}{D(v_1, v_2, v_3)} = \frac{\sin v_1 \sin v_3^2}{\sin u_1 \sin u_3^2}, \qquad \frac{D(u_1, u_2, u_3)}{D(w_1, w_2, w_3)} = \frac{\sin w_1 \sin w_3^2}{\sin u_1 \sin u_3^2}.$$

2. Désignons par $F(U)\,d\tau_U$ la probabilité pour que le point représentatif d'une rotation U prise au hasard se trouve à l'intérieur de l'élément $d\tau_U$. Nous avons

$$(4)\qquad \iiint F(U)\,d\tau_U = 1,$$

l'intégrale triple (ainsi que toutes les intégrales suivantes) étant étendue à l'espace E.

Nous allons transformer l'intégrale (4) de deux manières différentes en tenant compte de (2). Prenons d'abord les v_i pour variables d'intégration en donnant aux w_i des valeurs arbitraires mais fixes. En tenant compte encore de (1) et de (3) la formule (4) donne

$$(5)\qquad \iiint F(VW)\,d\tau_V = 1 \quad \text{pour V quelconque.}$$

Si l'on prend les w_i pour variables d'intégration, il vient

$$(6)\qquad \iiint F(V.W)\,d\tau_W = 1 \quad \text{pour W quelconque.}$$

3. Soit a une position de Σ et soient b et b' deux autres positions qui se déduisent de a par la rotation U ou par V. Nous écrirons

$$U(a) = b, \qquad V(a) = b', \qquad U^{-1}.V(b) = b'.$$

Donc a étant une position déterminée de Σ, toute autre position b sera représentée par le point de ε qui correspond à U. Un point de ε situé à l'intérieur de l'élément $d\tau_V$ représentera ainsi soit une rotation qui change a en une autre position m (voisine de b), soit cette position elle-même. Et la probabilité pour qu'une rotation amène la sphère Σ de a en m sera égale à $F(U^{-1}.V)d\tau_V$. La fonction $F(U^{-1}.V)$ mesure la densité de probabilité relative au passage de a à b par une seule rotation. La densité de probabilité relative au même passage par n rotations opérées successivement sera

donnée par la formule

$$F^{n}(U^{-1}.V)=\iiint F^{n-1}(U^{-1}.T)\,F(T^{-1}.V)\,d\tau_T, \qquad F^1=F.$$

Or remplaçons, dans les formules (5) et (6), V par U^{-1} et W par V; il vient

$$\iiint F(U^{-1}.V)\,d\tau_U=1 \qquad \text{pour V quelconque,}$$
$$\iiint F(U^{-1}.V)\,d\tau_V=1 \qquad \text{pour U quelconque.}$$

Par conséquent, $F(U^{-1}.V)$ envisagée comme fonction de deux points U et V satisfait aux conditions de convergence des itérations vers une limite constante [1] que j'ai trouvées en étudiant une méthode de M. Hadamard. Il en résulte que

$$\lim_{n=\infty} F^{n}(U^{-1}.V)=\frac{1}{\pi^2},$$

et nous avons le résultat suivant: *Quelle que soit la densité de probabilité* F(U) *pourvu qu'elle soit positive et qu'elle satisfasse à la condition* (4), *après un nombre infini de rotations successives, toute position de* Σ *pourra être atteinte avec une densité de probabilité uniforme.*

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur une limite de probabilité au sens de Bienaymé-Tchebycheff.* Note de M. C. **Lurquin**, présentée par M. Émile Borel.

1. Le théorème de Bienaymé-Tchebycheff assigne un intervalle

$$\left[1-\frac{1}{\lambda^n},\ 1\right] \qquad (\lambda>1) \tag{1}$$

auquel appartient la probabilité qu'une valeur du module de la somme des écarts absolus simples x, y, z, ... relatifs aux variables éventuelles α, β, γ, ... reste inférieure ou égale à un multiple λ de l'écart moyen de degré n : $\lambda \underset{(n)}{E}(\alpha+\beta+\alpha+\ldots)$.

L'intervalle (1) se présente comme une mesure indirecte approchée de cette probabilité. Le critérium de Bienaymé-Tchebycheff est indépendant de la loi de probabilité des quantités éventuelles qu'on considère; en faisant

(1) Voir *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 487-489, formules (1').

intervenir la loi binomiale de probabilité, on établit aisément le théorème de Bernoulli et la loi des grands nombres de Poisson. Il est bien évident que si l'intervalle (1) se resserre, il devient plus favorable et plus avantageux au point de vue probabilitaire. Les recherches dans ce sens ont donné lieu à des travaux intéressants de MM. Cantelli, Pearson, Guldberg, Meidell, Camp, Mezzamotti et d'autres.

2. Considérons la puissance de l'écart moyen de degré ν relatif à la somme des variables éventuelles α, β, γ, ...

Par définition, on a

$$\mathrm{E}^n_{(\nu)}(\alpha+\beta+\gamma+\dots) = \left[\sum_1^k{}_i \sum_1^l{}_j \sum_1^m{}_h (x_i+y_j+z_h+\dots)^\nu p_i^\alpha p_j^\beta p_h^\gamma \dots\right]^{\frac{n}{\nu}},$$

on a posé

$$x_i = \alpha_i - a_\alpha, \qquad y_j = \beta_j - a_\beta, \qquad z_h = \gamma_h - a_\gamma, \qquad \dots$$

avec

$$a_\alpha = \sum_1^k{}_i \alpha_i p_i^\alpha, \qquad a_\beta = \sum_1^l{}_j \beta_j p_j^\beta, \qquad \dots.$$

Soit une quantité constante positive donnée θ telle que

$$\theta = \lambda \mathrm{E}_{(n)}(\alpha+\beta+\gamma+\dots), \qquad \text{avec } \lambda > 1.$$

En faisant, sur l'ensemble des valeurs de l'écart simple total

$$x+y+z+\dots,$$

la double opération : 1° négliger le groupe des valeurs inférieures ou égales à θ ; 2° remplacer les autres valeurs par θ, on obtient facilement le résultat

$$(2) \qquad \mathrm{P} > 1 - \frac{\mathrm{E}^n_{(\nu)}(\alpha+\beta+\gamma+\dots)}{\lambda^n \mathrm{E}^n_{(n)}(\alpha+\beta+\gamma+\dots)},$$

où P désigne la probabilité pour que le module de l'écart simple

$$x+y+z+\dots$$

ne surpasse pas le multiple λ de l'écart moyen de degré n des variables fortuites α, β, γ, ...

Le résultat (2) est à rapprocher de celui de M. Guldberg [1].

---

[1] A. GULDBERG, *Comptes rendus*, 175, 1922, p. 1382.

3. Considérons le schéma de Bernoulli. On a, avec une approximation suffisante,

$$\underset{(4)}{\mathrm{E}}(\alpha) = \sqrt[4]{3}\,\underset{(2)}{\mathrm{E}}(\alpha).$$

Posons $\nu = 2$, $n = 4$. Appliquons la formule (2) au cas d'une seule variable à la recherche d'une limite inférieure de la probabilité P du module de l'écart simple, inférieure au double de l'écart moyen biquadratique.

Le théorème de Bernoulli donne la probabilité

$$\mathrm{P} = \Theta\left(\frac{2,6}{\sqrt{2}}\right) = 0,99.$$

Le critérium de Tchebycheff donne

$$\mathrm{P} > 1 - \frac{1}{(2,6)^2} = 0,85.$$

Le résultat de M. Guldberg (1) fournit la limite inférieure

$$\mathrm{P} > 1 - \frac{1}{2^4} = 0,94.$$

La formule (2) donne une probabilité

$$\mathrm{P} > 1 - \frac{1}{(3,2)^4} = 0,98.$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Quelques théorèmes sur la croissance des fonctions holomorphes et sur les séries de Dirichlet*. Note (2) de M. **Vladimir Bernstein**, présentée par M. Hadamard.

Soient θ un nombre inférieur à π et $\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_{n,2}, \ldots$ des points réels ou complexes *situés à droite de l'axe imaginaire* et tels que, si l'on pose $\lambda_n = l_n e^{i\mu_n}$,

$$\lim_{\mathrm{R}\to\infty} \frac{1}{\mathrm{R}} \sum_{l_n < \mathrm{R}} \cos\mu_n = 1; \qquad \lim_{n\to\infty} (l_{n+1} - l_n) = h > 0 \quad (3).$$

(1) A. Guldberg, *Sur le théorème de Tchebycheff* (*Comptes rendus*, 175, 1922, p. 418).

(2) Séance du 26 novembre 1928.

(3) La deuxième de ces conditions n'est pas nécessaire; elle peut être remplacée par une condition moins restrictive.

Soit, en outre, $\varphi(z)$ une fonction holomorphe dans le demi-plan $\mathcal{R}(z) > 0$ et y satisfaisant, pour $|z|$ assez grand, à la condition

$$(1) \qquad |\varphi(z)| < |e^{k+(\mathfrak{S}+\varepsilon)iz} \Gamma(1+\delta z)| \qquad \text{avec } \mathfrak{S} + \frac{\delta\pi}{2} < \pi,$$

quelque petit que soit le nombre positif ε. Alors, *si l'on désigne par* $V(z)$ *l'une des fonctions* $e^{-\gamma z \log z}$, 1, $e^{\Delta z \log z}$, *où* $\gamma > 0$, $0 < \omega < 1$, $0 < \Delta < \delta$, *et si l'inégalité*

$$|\varphi(z)| < e^{k+(\mathfrak{S}+\varepsilon)iz} V(z)|$$

est vérifiée pour la suite de points $\{\lambda_n\}$, *la même inégalité où, peut-être, on devra remplacer le nombre* k *par un nombre* $k' > k$, *est vérifiée identiquement dans tout angle* $|\arg z| < \psi_0 < \frac{\pi}{2}$. *De plus, si* $V(z) = e^{-\gamma z \log z}$ *avec* $\gamma > \frac{2\mathfrak{S}}{\pi}$, *la fonction* $\varphi(z)$ *est identiquement nulle*. Ce théorème représente la généralisation du théorème I de ma Note *Sur quelques relations entre la croissance d'une fonction holomorphe, etc.* (¹), auquel il se réduit pour $\lambda_n = n$. La méthode de démonstration est au fond la même dans le cas général que dans le cas particulier $\lambda_n = n$; elle est basée sur la considération des séries $\Sigma a_n x^{\lambda_n}$. M. Lindelöf avait démontré, pour les séries $\Sigma \varphi(n) x^n$, un théorème très remarquable (²); M. Carlson et moi avons généralisé et renversé ce théorème (³). En modifiant convenablement la méthode de M. Lindelöf on obtient le théorème suivant sur les séries du type $\Sigma a_n x^{\lambda_n}$.

THÉORÈME II. — *Si la fonction* $\varphi(z)$ *est holomorphe dans le demi-plan* $\mathcal{R}(z) > \alpha$ *et satisfait, pour* $|z|$ *assez grand, à la condition*

$$(2) \qquad |\varphi(z)| < e^{(k+\mathfrak{S}+\varepsilon)|z|},$$

quelque petit que soit le nombre positif ε; *si en outre* $\overline{\lim_{n \to \infty}} |\mu_n| = \mu' < \frac{\pi}{2}$, *et si l'on pose*

$$c(z) = \prod_{n=1}^{\infty} \left(1 - \frac{z^2}{\lambda_n^2}\right), \qquad \alpha_0 = \min[\mathcal{R}(\lambda_n)],$$

la série

$$(3) \qquad \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\varphi(\lambda_n)}{c'(\lambda_n)} x^{\lambda_n} = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\varphi(\lambda_n)}{c'(\lambda_n)} e^{-\lambda_n s}$$

(¹) *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 1407. Pour la démonstration, voir mon Mémoire actuellement en impression au *Bulletin des Sciences mathématiques*.

(²) LINDELÖF, *Calcul des résidus*, p. 109 et suiv. Paris, 1905

(³) CARLSON, *Sur une classe de séries de Taylor*, p. 51. Upsal, 1914. Voir aussi ma Note citée ci-dessus.

représente une fonction $f(x)$ holomorphe dans l'angle $\tilde{\omega} < \arg x < 2\pi - \tilde{\omega}$ du plan des x [ou dans la bande $-(2\pi - \tilde{\omega}) < \mathfrak{J}(s) < -\tilde{\omega}$ du plan des s] et dans tout angle intérieur ayant pour sommet l'origine, on a

$$f(x) = \begin{cases} x^{\alpha}\varepsilon(x) & \text{si} \quad \alpha > -\alpha_0 \\ x^{\alpha}\varepsilon(x) + \sum\limits_{\mathcal{R}(\lambda_n) < \alpha_0} \dfrac{\varphi(-\lambda_n)}{c'(\lambda_n)} x^{-\lambda_n} & \text{si} \quad \alpha < -\alpha_0 \end{cases} \qquad \alpha \neq \pm \mathcal{R}(\lambda_n), \quad n = 1, 2, \ldots,$$

$\varepsilon(x)$ tendant uniformément vers zéro avec $\frac{1}{x}$.

La modification principale qu'on doit faire dans la démonstration de M. Lindelöf [1] pour obtenir ce théorème consiste à y remplacer $\sin \pi z$ par la fonction $c(z)$ [2]. Le théorème se renverse comme dans le cas $\lambda_n = n$ [3].

Pour obtenir le théorème énoncé au début de cette Note, il faut remplacer, dans le théorème II, la condition (2) par la condition (1). La série (3) peut alors être divergente sur tout le plan; on pourra tout de même affirmer qu'elle est sommable dans un certain domaine par la méthode de sommation qui consiste à attacher à une série Σu_n comme *somme* le nombre

$$\int_0^{\infty} e^{-\xi^{\frac{1}{\delta}}} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{u_n \xi^{\lambda_n}}{\Gamma(1 - \delta\lambda_n)} \, d\xi^{\frac{1}{\delta}}$$

(c'est une généralisation de la sommation de M. Borel et l'on démontrera facilement les théorèmes correspondants); *la somme ainsi définie de* (3) *satisfait à l'énoncé du théorème II.* Dans ce cas aussi, le théorème peut être renversé [4].

On peut tirer de cette méthode des conclusions sur les points singuliers des fonctions représentées par des séries de Dirichlet en usant des procédés appliqués par M. Lindelöf au Chapitre V de son *Calcul des résidus*. Ces

---

(1) LINDELÖF, *loc. cit.*

(2) Les propriétés de $c(z)$ ont été étudiées par divers auteurs, notamment par MM. Carlson, Ostrowski, Szasz. Voir surtout, pour le cas des λ_n réels, CARLSON, *Ueber Potenzreihen* (*Math. Ann.*, 79, 1919, p. 239), et OSTROWSKI, *Einige Bemerkungen über Singularitäten* (*Sitzungsberichte Preuss. Akad.*, 1923, p. 39); on trouvera aisément les autres propriétés nécessaires pour notre sujet, et leur généralisation pour le cas des λ_n complexes.

(3) Voir mes Notes *Sopra l'interpolazione, ecc.* (*Rendiconti Acc. Lincei*, 6e série, 3, 1926, p. 732) et *Complementi, ecc.* (*Ibid.*, 7, 1928, p. 979).

(4) Voir MARCEL RIESZ, *Sur la représentation analytique* (*Acta math.*, 35, 1911, p. 1).

résultats, que je compte publier prochainement, me paraissent présenter quelque intérêt, surtout si on les relie aux travaux de M. Cramèr et aux dernières recherches de M. Mandelbrojt sur les points singuliers des séries de Dirichlet.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le calcul symbolique de Dirac.* Note de M. **Paul Lévy**, présentée par M. Hadamard.

L'emploi de symboles tels que X, Y, Z, ayant l'aspect de variables algébriques, mais qui désignent des opérations fonctionnelles, est courant dans la théorie des groupes; Heaviside a introduit ces symboles dans la théorie des équations différentielles à coefficients constants. Ce qui semble nouveau, chez Dirac, c'est l'introduction d'opérateurs non commutatifs α, β, γ, permettant la décomposition en facteurs d'expressions telles que $X^2+Y^2-Z^2$, X, Y, Z désignant des opérateurs indépendants et commutatifs. Ainsi, si

(1) $$\alpha^2=\beta^2=1, \qquad \gamma^2=-1,$$

(2) $$\alpha\beta+\beta\alpha=\beta\gamma+\gamma\beta=\gamma\alpha+\alpha\beta=0 \quad (^1),$$

les produits tels que αXY étant indépendants de l'ordre des facteurs, on a

(3) $$X^2+Y^2-Z^2=(\alpha X+\beta Y+\gamma Z)^2.$$

Supposons, pour fixer les idées, que α, β, γ représentent des substitutions linéaires et homogènes effectuées sur p variables $x_1, x_2, \ldots, x_p$; o représentera une substitution dont tous les coefficients sont nuls. Il importe de remarquer que, si $p>1$, un carré ou un produit peut être nul sans qu'aucun des facteurs le soit; seulement, si cela a lieu pour un produit de deux facteurs, ils correspondent à des substitutions dégénérées dont les déterminants sont nuls. Ainsi, une solution de $X^2+Y^2-Z^2=0$ n'annule pas nécessairement $\alpha X+\beta Y+\gamma Z$, mais annule le déterminant de cette substitution; il en résulte qu'on ne peut appliquer la formule (3) qu'avec beaucoup de précautions à l'intégration de l'équation $X^2+Y^2-Z^2=0$; on a un procédé permettant de trouver des solutions, mais non toutes les solutions.

---

(1) On peut remarquer que, compte tenu de (1), les équation (2) peuvent s'écrire

$$(\alpha\beta)^2=-1, \qquad (\beta\gamma)^2=(\alpha\gamma)^2=1.$$

Cherchons à déterminer α, β, γ. On déduit évidemment de $\alpha^2 = 1$ que α est une substitution de déterminant $|\alpha| = \pm 1$; d'une manière plus précise, par une substitution linéaire et homogène sur les x_i, α est réductible à la forme

$$x'_i = \varepsilon_i x_i, \tag{4}$$

chacun des ε_i représentant ± 1; c'est donc une symétrie; β est d'une forme analogue.

De la relation $\alpha\beta = -\beta\alpha$, on déduit d'abord que l'on a entre les déterminants $|\alpha|$ et $|\beta|$ la relation

$$|\alpha|.|\beta|.[1-(-1)^p] = 0;$$

les premiers facteurs étant égaux à ± 1, p doit être pair. Si $p = 2$, on a, pour les équations $\alpha^2 = \beta^2 = 1$, $\alpha\beta + \beta\alpha = 0$, la solution évidente

$$(\alpha) \qquad x' = x, \qquad y' = -y,$$
$$(\beta) \qquad x' + y' = x + y, \qquad x' - y' = -(x - y),$$

c'est-à-dire que α étant une symétrie par rapport à Ox, β est une symétrie par rapport à la première bissectrice; toutes les autres solutions se déduisent de celle-là en effectuant une même substitution, d'une part sur x et y, d'autre part sur x' et y'; de toutes façons, les deux droites invariantes dans chacune des transformations considérées sont conjuguées dans l'autre. Si $p = 2q > 2$, il faut grouper les variables en q groupes de 2, et pour chacun des groupes appliquer la formule ci-dessus; il n'y a pas d'autre solution que celles déduites de la précédente par une substitution linéaire.

Si maintenant nous prenons pour γ le produit $\alpha\beta$, c'est-à-dire la rotation d'un quart de tour

$$(\gamma) \qquad x' = -y, \qquad y' = x,$$

nous avons vérifié l'ensemble des relations (1) et (2), et, si $p = 2$, il n'y a pas d'autres solutions que celles réductibles à cette forme. On remarque que nous avons ainsi la possibilité de décomposer en un produit une forme à six carrés indépendants du type

$$(X^2 + Y^2 - Z^2) - (U^2 + V^2 - W^2). \tag{5}$$

Il suffit d'identifier chacune des parenthèses à un carré.

Si les signes sont différents de ceux qui figurent dans l'expression précédente, on ne peut arriver à un résultat analogue, pour $p = 2$, qu'en intro-

duisant des imaginaires; en remplaçant par exemple Y par iY, on mettra $X^2 + Y^2 + Z^2$ sous la forme d'un carré, et

$$X^2 + Y^2 + Z^2 - (U^2 + V^2 - W^2) \tag{6}$$

sous celle d'un produit. Mais on peut y arriver sans l'introduction d'imaginaires en prenant $p = 4$. Désignant les quatre variables par x_1, y_1, x_2, y_2, on définira α et β par les mêmes formules que ci-dessus, en les appliquant indépendamment à chacun des groupes x_i, y_i; en définissant ensuite γ_1 par les formules

$$\begin{aligned}
x'_1 + x'_2 + y'_1 - y'_2 &= x_1 + x_2 + y_1 - y_2,\\
x'_1 + x'_2 - y'_1 + y'_2 &= -(x_1 + x_2 - y_1 + y_2),\\
x'_1 - x'_2 - y'_1 - y'_2 &= x_1 - x_2 - y_1 - y_2,\\
x'_1 - x'_2 + y'_1 + y'_2 &= -(x_1 - x_2 + y_1 + y_2),
\end{aligned}$$

et posant toujours $\gamma = \alpha\beta$, on peut, sans l'introduction d'imaginaires, mettre l'expression (6) sous la forme

$$(\alpha X + \beta Y + \gamma_1 Z)^2 - (\alpha U + \beta V + \gamma W)^2,$$

et par suite sous la forme d'un produit.

En donnant à p des valeurs plus élevées, on pourra de même décomposer en facteurs du premier degré des expressions contenant un plus grand nombre de carrés indépendants.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le calcul approché des nombres fondamentaux.* Note de M. **F.-H. van den Dungen**, présentée par M. Émile Borel.

1. On sait que le calcul des nombres fondamentaux autres que le plus petit, en valeur absolue, présente des difficultés sérieuses dans de nombreux cas d'application : problèmes de vibrations, théorie des quanta, vitesses critiques, etc. On ne peut, en effet, souvent connaître la valeur exacte du premier nombre et l'on ne peut, par suite, utiliser le procédé classique d'élimination.

2. Supposons que l'équation différentielle du problème soit

$$L(y) + \lambda y = 0, \tag{1}$$

la solution devant satisfaire à des conditions aux limites, homogènes et sans second nombre. Le plus petit nombre fondamental λ_1 peut être obtenu,

grâce à la méthode des approximations successives, en résolvant

$$L(y_n) + y_{n-1} = 0,$$

à partir d'une fonction arbitraire y_0 et l'on a, en général, $\lambda_1 = \lim(y_{n-1} : y_n)$.

3. Transformons l'équation (1), en posant

$$M(y) = L(y) + ay, \qquad \mu = \lambda - a$$

en l'équation

$$(2) \qquad M(y) + \mu y = 0,$$

a étant une *constante arbitrairement choisie*. Appliquons à cette dernière équation la méthode des approximations successives, en résolvant

$$(3) \qquad M(y_n) + y_{n-1} = 0;$$

la limite du rapport $y_{n-1} : y_n$ sera, cette fois, le plus petit nombre fondamental μ; nous connaîtrons ainsi le nombre fondamental λ le plus rapproché de a.

4. Dans les cas des applications pratiques, on ne passe pas à la limite; on se contente d'observer si les rapports $y_0 : y_1, y_1 : y_2, \ldots$ ne varient pas dans les limites des approximations admises pour le calcul. Il est cependant avantageux de calculer les rapports

$$\frac{\int_D y_{n-2}^2 \, d\tau}{\int_D y_{n-2} y_n \, d\tau} \geqq \frac{\int_D y_{n-2} y_n \, d\tau}{\int_D y_n^2 \, d\tau}$$

(inégalité de Schwarz) qui sont supérieurs au *carré* du plus petit nombre μ, et tendent vers ce carré, les sommes de ces rapports étant étendues, chacune, à tout le domaine D dans lequel s'applique l'équation (1).

La propriété que nous venons d'énoncer se démontre en supposant que la première approximation est développable en série de fonctions fondamentales; on voit, en effet, qu'en vertu de (3),

$$y_0 = \Sigma k_a \varphi_a, \qquad y_n = \Sigma k_a \mu_a^{-n} \varphi_a.$$

Grâce à ces valeurs, on vérifie les propriétés du n° 3 et du présent numéro pour autant que le coefficient k correspondant à la fonction φ associée au nombre μ cherché ne manque pas dans le développement de y_0.

5. En résumé, le procédé que nous venons de décrire permet de déterminer à une approximation donnée *a priori*, le nombre fondamental λ qui est le

plus voisin d'un nombre a arbitrairement choisi. La propriété du n° 3 permet de savoir si ce nombre est plus grand ou plus petit que a et elle fournit ce nombre grâce aux itérations. La propriété du n° 4 donne une limite supérieure de l'écart entre ce nombre λ et a. Avec un très petit nombre d'approximations, on verra si λ est plus grand ou plus petit que a et quel est l'écart possible; en choisissant pour a une nouvelle valeur dans les limites de l'écart, on aura une meilleure approximation de λ et ainsi de suite. En choisissant diverses valeurs initiales pour a, on pourra déterminer divers nombres fondamentaux; on peut, par exemple, vérifier si les vitesses critiques d'une machine sont nettement différentes de la vitesse de régime, sans se soucier de savoir si la machine fonctionne ou non sous la plus basse vitesse critique.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les fonctions conjuguées.* Note de M. **A. Zygmund**, présentée par M. Émile Borel.

Soit $f(x)$ une fonction intégrable $\mathfrak{L}$ dans l'intervalle $(0, 2\pi)$. Désignons par $S[f]$ la série de Fourier de f et par $\bar{S}[f]$ la série conjuguée. Appelons $\bar{f}(x)$ la somme (généralisée) de $\bar{S}[f]$. On sait qu'en général $\bar{f}$ n'est pas intégrable $\mathfrak{L}$. Cependant M. Riesz ([1]) a démontré que si f est intégrable de puissance $1 + \varepsilon\ (\varepsilon > 0)$, $\bar{f}$ est aussi intégrable et l'on a

$$\bar{S}[f] = S[\bar{f}]. \tag{1}$$

On peut donc se demander quelles conditions concernant l'intégrabilité de f suffisent pour que $\bar{f}$ soit aussi intégrable et pour que l'on ait (1).

La réponse est donnée par les deux théorèmes suivants:

A. *Si* $|f| . \overset{+}{\log} |f|$ ([2]) *est intégrable, la fonction* $\bar{f}$ *l'est aussi.*

B. *Quelle que soit la fonction* $\varepsilon(x)\ (x \geqq 0)$, *positive, bornée et tendant vers zéro avec* $\frac{1}{x}$, *on peut trouver une fonction* $f(x)$, *telle que* $\bar{f}$ *n'est pas intégrable bien que* $|f| . \overset{+}{\log} |f| . \varepsilon(|f|)$ *est intégrable.*

([1]) M. Riesz, *Sur les fonctions conjuguées* (*Math. Zeitschrift*, 27, 1928, p. 218-244).

([2]) $\overset{+}{\log} x$ désigne la fonction égale à zéro pour $x < 1$ et à $\log x$ ailleurs.

Des propositions A et B on peut déduire les théorèmes sur la convergence absolue de S[F], F désignant une fonction absolument continue :

C. *Si* $|f|.\overset{+}{\log}|f|$ *est intégrable la série* S[f] *intégrée formellement converge absolument* (1).

D. *Pour toute fonction* $\varepsilon(x)$ *définie plus haut il existe une fonction* f *telle que la série* S[f] *intégrée terme à terme ne converge pas absolument bien que* $|f|.\overset{+}{\log}|f|.\varepsilon(|f|)$ *est intégrable.*

La démonstration des théorèmes A-D s'appuie, entre autres, sur le lemme suivant :

Si $|f| \leqq 1$, *la fonction* $e^{k|\bar{f}|}$ *est intégrable pour tout* $k < \frac{\pi}{2}$.

De ce lemme on peut aussi déduire le théorème suivant :

E. *Désignons par* s_n, $\bar{s}_n$ *respectivement les n'-ièmes sommes partielles de* S[f] *et de* $\overline{\text{S}}$[f]. *Alors si* $|f| \leqq 1$, *on a pour* $n \to \infty$

$$\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} e^{c|s_n - f|}\,dx \to 1; \qquad \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} e^{c|\bar{s}_n - \bar{f}|}\,dx \to 1,$$

c désignant une constante absolue.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur une classe des fonctions à variation bornée.* Note de M. **Alexandre Rajchman**, présentée par M. Émile Borel.

1. Soit $f(x)$ une fonction à variation bornée définie dans l'intervalle (o, 2π). Appelons son *écart* la quantité suivante :

$$\text{(1)} \qquad \text{R} = \text{R}\,\|f(x)\| = \limsup_{\to\infty} \frac{1}{\pi}\left|\int_0^{2\pi} e^{inx}\,df(x)\right|.$$

Quand R $\|f(x)\|$ = o nous dirons que $f(x)$ est à l'*écart nul.*

2. Notre définition de l'écart diffère quelque peu de la définition classique de M. Hadamard (2). Mais, en ce qui concerne les fonctions à variation bornée, toute fonction à l'écart nul d'après la définition précédente l'est au

(1) La proposition C résulte par exemple de A et du théorème de MM. Hardy et Littlewood d'après lequel si F et $\overline{\text{F}}$ sont à variation bornée, la série S[F] converge absolument

(2) Cf., par exemple, *La série de Taylor et son prolongement analytique.*

sens classique et réciproquement. Ceci résulte immédiatement du lemme suivant dû à M[me] H. Grużewska :

Soit $t(x)$ une fonction quelconque bornée et mesurable et soit $f(x)$ une fonction à variation bornée et à l'écart nul ; alors la fonction

$$\int_0^x t(z)\,df(z) \tag{2}$$

est également à variation bornée et à l'écart nul.

Les intégrales (1) et (2) sont des intégrales au sens Stieltjes-Lebesgue (¹).

3. Le lemme de tout à l'heure peut être envisagé comme le cas limite du théorème fondamental de mon Mémoire *Sur la multiplication des séries trigonométriques* (*Mathematische Annalen*, 95). En utilisant ce lemme on arrive facilement au cas limite d'un autre théorème de ce Mémoire (théorème du paragraphe 8) à savoir que :

Si $t(x)$ est une fonction bornée, mesurable et périodique avec la période de 2π et $f(x)$ une fonction à variation bornée et à l'écart nul, alors la limite

$$\lim_{n\to\infty}\int_0^{2\pi} t(nx)\,d_{f(x)} \tag{3}$$

existe et est égale à

$$\frac{f(2\pi)-f(0)}{2\pi}\int_0^{2\pi} t(x)\,dx. \tag{4}$$

4. Parmi les conséquences presque immédiates du théorème précédent on peut citer le résultat suivant :

Toute fonction à variation bornée et à l'écart nul a sa variation nulle sur tout ensemble du type (H).

(Pour la définition de l'ensemble du type (H) cf., par exemple, mon Mémoire cité et la fin de cette Note.)

5. D'après un théorème classique de Lebesgue (²) toute fonction absolument continue est à l'écart nul. La réciproque de cette proposition n'est pas vraie. Ceci résulte d'une construction de M. D. Menchoff (³). Grâce aux théorèmes des paragraphes 2 et 3 de cette Note, cette construction peut être remplacée par une construction plus simple et plus générale.

6. Soit

$$\delta_1,\ \delta_2,\ \ldots,\ \delta_n,\ \ldots, \tag{5}$$

(¹) Cf., par exemple, *Leçons sur l'intégration*, 2[e] édition.

(²) Cf., par exemple, *Leçons sur les séries trigonométriques*.

(³) *Comptes rendus*, **163**, 1916, p. 433 et suiv.

une suite de nombres positifs plus petits que l'*unité* et soit $p_n(x)$ une fonction périodique de période 2π prenant la valeur *un* dans un intervalle de longueur $2\delta_n$ et la valeur zéro partout où elle diffère de l'*unité*.

En vertu des théorèmes des paragraphes 2 et 3, à toute suite (5) on peut faire correspondre une suite d'entiers

$$n_1, n_2, \ldots, n_k, \ldots \tag{6}$$

assez rapidement croissante pour que la limite

$$f(x) = \lim_{k \to \infty} \int_0^x p_1(n_1 z) p_2(n_2 z) \ldots p_k(n_k z)\, dz \tag{7}$$

existe (et cela uniformément en x). La fonction $f(x)$ n'est pas absolument continue. *Pour qu'elle soit à l'écart nul il faut et il suffit que l'on ait :*

$$\lim_{n \to \infty} \delta_n = 1. \tag{8}$$

7. Quand l'égalité (8) n'est pas remplie, l'ensemble des valeurs de x vérifiant l'équation

$$\lim_{k \to \infty} p_1(n_1 x) p_2(n_2 x) \ldots p_k(n_k x) = 1 \tag{9}$$

est un ensemble du type (H) et par suite (cf. mon Mémoire cité) un ensemble « d'unicité trigonométrique ». Au contraire, quand l'égalité (8) a lieu, l'ensemble de solutions de (9) est un ensemble de « multiplicité trigonométrique ». Ce dernier résultat est d'ailleurs une conséquence d'une construction de Mlle Nina Bary (*Fundamenta Mathematicæ*, vol. 9).

HYDRODYNAMIQUE EXPÉRIMENTALE. — *Sur les tourbillons alternés dus à des obstacles en lames de couteau.* Note [1] de M. **Henri Bénard**, présentée par M. M. Brillouin.

Dans un remarquable travail récent, C. Camichel, P. Dupin et M. Teissié-Solier [2] ont montré que les périodes des tourbillons alternés qui

[1] Séance du 26 novembre 1928.

[2] *Sur l'application de la loi de similitude aux périodes de formation des tourbillons alternés de Bénard-Kármán* (*Comptes rendus*, 185, 1927, p. 1556); également des deux derniers auteurs : *Les tourbillons alternés et les régimes d'écoulement d'un fluide autour d'un obstacle* (*Public. de l'Inst. Électrot. et de Méc. appl. de Toulouse*, Gauthier-Villars et Cie, 1928).

prennent naissance dans le sillage de *cylindres droits à section circulaire*, placés dans un champ uniforme de vitesses, satisfont bien à la loi de similitude dynamique, et ont trouvé une courbe unique, quel que soit le liquide et quel que soit le diamètre du cylindre, les coordonnées R et S étant l'une le paramètre sans dimensions de Reynolds, l'autre celui de Strouhal.

Je rappelle que les obstacles cylindriques verticaux avec lesquels j'ai obtenu pour la première fois des tourbillons alternés très réguliers, et étudié leurs lois, avaient une forme tout à fait différente : c'étaient des *lames à faces parallèles, terminées à l'avant par un dièdre aigu ou un cylindre ogival*, et la vitesse de translation était parallèle à leur plan de symétrie. Je les appellerai, en abrégé, des « lames de couteau ». Leur dimension longitudinale L (parallèle à la vitesse) était en général grande par rapport à leur épaisseur transversale D. J'ai signalé (¹) que mes résultats présentaient des écarts appréciables avec la loi de similitude dynamique : en particulier, en représentant au mieux par une courbe les points (R, S) relatifs à chacun de mes quatre liquides, les quatre courbes, voisines et d'allures analogues, ne se superposaient pas.

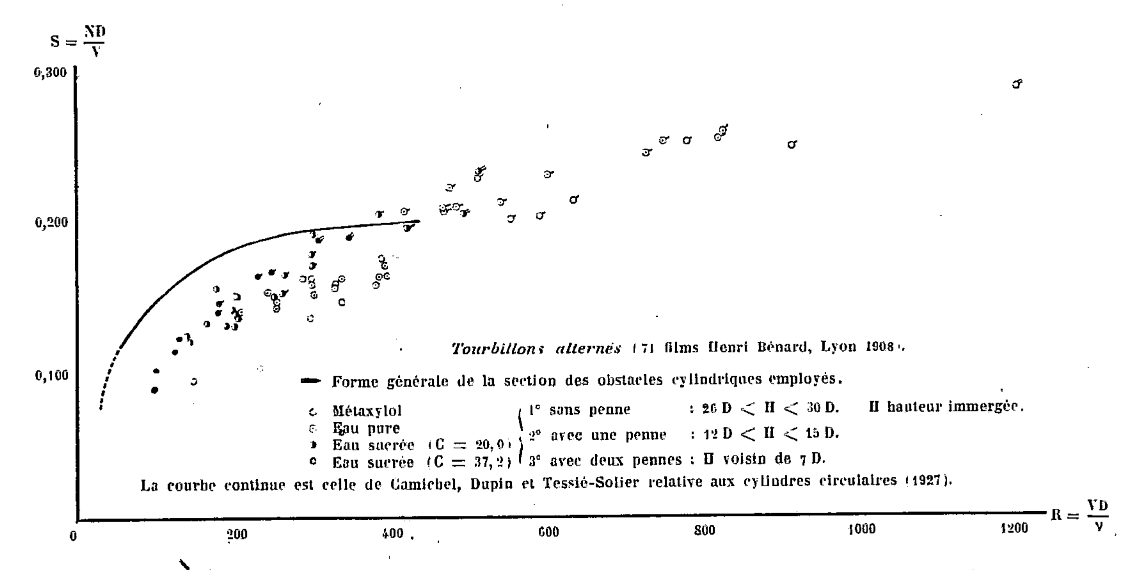
A priori, en l'absence d'une théorie mathématique rigoureuse, il ne me paraît nullement certain que les tourbillons dus à ces lames de couteau doivent suivre exactement les mêmes lois que ceux des cylindres circulaires de même épaisseur D. A la vérité, l'expérience montre, comme je l'ai déjà annoncé en 1908, que leur période dépend peu ou pas du tout de la dimension longitudinale L, mais le problème hydrodynamique est tout de même différent. Les formes des lignes de courant ne sont même pas semblables géométriquement, dans mes diverses expériences, puisque les sections droites des différents cylindres ne le sont pas. Je n'ai pas de documents comparatifs précis relatifs aux tiges cylindriques, parce que n'ayant pas obtenu avec elles de tourbillons aussi réguliers qu'avec les lames de couteau, j'ai employé ces dernières seules pour les mesures.

D'autre part, j'avais admis les valeurs des viscosités du métaxylol d'après Thorpe et Rodger, et celles des deux solutions de sucre ($c = 20{,}0$ et $c = 37{,}2$) d'après Hosking, en interpolant à la fois pour la température et la concentration. Or, en mesurant moi-même avec soin (²) les viscosités de ces

(¹) *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 20; *C. R. du IIe Congrès internat. de Mécanique appliquée : Zurich*, septembre 1926 (Orell Füssli, éditeurs), 1927, p. 495-503; *Bull. de la Soc. fr. de Physique*, nº 238, p. 118 S à 121 S, séances des 19 novembre et 3 décembre 1926.

(²) Avec l'aide de MM. A. et P. Delaval.

trois liquides en valeurs absolues, j'ai trouvé que mes anciennes valeurs de R devaient être corrigées respectivement de — 3 pour 100, + 4,5 pour 100 et de + 16 à 17 pour 100. La figure donne les 71 systèmes de valeurs corrigées des coordonnées (R, S) (¹).



Les écarts avec la loi de similitude sont un peu atténués, mais persistent. Toutefois, les courbes des deux solutions sucrées, qui sont les mieux définies, coïncident maintenant assez bien, et leur prolongement irait passer par l'origine des coordonnées, absolument comme celui de la courbe de Camichel, Dupin et Teissié-Solier relative aux cylindres droits circulaires, que j'ai tracée pour comparaison. Il faudrait modifier en conséquence les coefficients de la formule empirique par laquelle j'avais résumé provisoirement mes résultats numériques : la reproduction des 71 points expérimentaux en tient lieu. J'avais d'ailleurs fait des réserves sur l'emploi de cette formule par extrapolation, la forme algébrique choisie n'étant pas la seule possible.

Il y aura lieu de chercher l'origine des écarts persistants.

(¹) Le point R = 91; S = 103 a été obtenu deux fois.

ÉLASTICITÉ. — *Extension de la théorie de Saint-Venant aux fils élastiques de forme quelconque.* Note de M. J. HAAG, présentée par M. G. Kœnigs.

1. On sait que la théorie des ressorts repose sur l'extension des formules établies par Saint-Venant pour la flexion simple et la torsion d'un cylindre. Cette extension a été justifiée par Phillips, dans son Mémoire sur le spiral réglant dans le cas particulier d'un fil plan soumis à un couple de flexion constant. Il m'a paru intéressant d'élaborer la même justification pour un fil de forme quelconque, soumis à des forces extérieures quelconques. Je vais résumer ci-après les résultats de mes recherches, qui seront développées dans un autre recueil.

2. J'ai d'abord établi les équations générales de l'élasticité, dans un système de coordonnées curvilignes quelconques, susceptible de varier pendant la déformation.

Soient g_{ik} les coefficients du ds^2, h^2 leur déterminant; u^i les accroissements des coordonnées du point M; ε_{ik} les accroissements subis par les g_{ik}; $T_{ik}\alpha^k$ les composantes covariantes de l'effort correspondant au vecteur unitaire (α^k); θ la dilatation cubique. On a

$$(1) \qquad \theta = \frac{1}{2}\varepsilon_i^i + \frac{1}{h}\cdot\frac{\partial(hu^i)}{\partial x^i},$$

$$(2) \qquad T_{ik} = \lambda\theta g_{ik} + \mu\left(g_{ij}\frac{\partial u^j}{\partial x^k} + g_{kj}\frac{\partial u^j}{\partial x^i} + \frac{\partial g_{ik}}{\partial x^j}u^j + \varepsilon_{ik}\right).$$

Si X_i sont les composantes covariantes de la force par unité de volume les équations indéfinies de l'équilibre sont

$$(3) \qquad X_i + \frac{1}{h}\cdot\frac{\partial(hT_i^k)}{\partial x^k} - \frac{1}{2}\cdot T^{jk}\frac{\partial g_{jk}}{\partial x^i} = 0.$$

L'énergie de déformation peut s'écrire, par exemple,

$$(4) \qquad V = \frac{1}{4\mu}\iiint\left[T_k^i T_i^k - \frac{\lambda}{3\lambda+2\mu}(T_i^i)^2\right] h\,dx^1\,dx^2\,dx^3.$$

3. Soit maintenant M un point quelconque du fil à l'état naturel. Projetons-le en O sur la fibre neutre et soit Ox, Oy, Oz la normale principale, la binormale et la tangente en ce point. Prenons comme coordonnées du point M ses coordonnées cartésiennes $x^1 = x$, $x^2 = y$ par rapport à Oxy et l'abscisse curviligne $x^3 = s$ de O sur la fibre. Appelons ρ et $-\tau$ les accroissements de courbure et de torsion de la fibre neutre après la

déformation et d'où résultent les ε_{ik}. Il est facile d'écrire ce que deviennent les équations du paragraphe précédent dans ce système.

Soit maintenant Γ la courbe qui limite la section droite du fil. Supposons que cette courbe soit homothétique d'une courbe fixe Γ' du plan Oxy, par rapport à O et dans le rapport t. Supposons ensuite que t tende vers zéro et cherchons la *solution asymptotique du problème*.

4. Voici les résultats.

Soient L, M, N les composantes du moment relatif au point O; n l'angle dont a tourné la section droite par rapport aux axes Oxy; Θ la fonction $\tau + \frac{dn}{ds}$, qui mesure la torsion; φ la fonction harmonique qui s'annule en O et satisfait, sur Γ, à l'équation

$$\frac{\partial\varphi}{\partial x}dy - \frac{\partial\varphi}{\partial y}dx = x\,dx + y\,dy;$$

P l'intégrale double

$$P = \int\int\left(x\frac{\partial\varphi}{\partial y} - y\frac{\partial\varphi}{\partial x}\right)dx\,dy;$$

A, B, I les moments d'inertie de la section droite par rapport à Ox, Oy, O; C le produit d'inertie; R le rayon de courbure de la fibre neutre et enfin E le module de Young. On a

$$\rho = \frac{MA + LC}{E(AB - C^2)}, \qquad n = R\frac{LB + MC}{E(AB - C^2)}, \qquad \Theta = \frac{N}{\mu(P + I)};$$

$$V = \frac{1}{2}\int\left[\frac{AM^2 + BL^2 + 2CML}{E(AB - C^2)} + \frac{N^2}{\mu(I + P)}\right]ds.$$

Ces formules diffèrent des formules habituelles si L n'est pas nul. Il y aurait intérêt, en particulier, à partir de la dernière pour établir une théorie rigoureuse du spiral réglant cylindrique, en suivant la méthode que j'ai exposée dans une Note antérieure [1]. Ceci fera l'objet d'un prochain travail.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur les pistons d'aluminium.* Note de M. **R. de Fleury**, présentée par M. Mesnager.

On sait que les pistons d'aluminium sont d'un emploi actuellement généralisé sur les moteurs d'automobiles. Les pistons en fonte ne peuvent leur

[1] *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 1819. Le Mémoire développé paraîtra dans un autre Recueil.

être substitués sans un amoindrissement très net des qualités fonctionnelles du moteur, principalement en dehors des emplois urbains du véhicule.

Mais on a constaté avec surprise, *depuis 4 ou 5 ans*, que les pistons en alliage d'aluminium, *quels qu'ils soient*, semblaient donner lieu, dans les voitures les plus modernes, à une rapidité d'usure des cylindres, telle qu'elle n'avait pas été observée dans des moteurs plus anciens, non différents comme caractéristiques.

En fait on a été conduit à exagérer la vitesse linéaire des pistons pour des raisons de commodité de conduite, qui sont exposées plus loin.

Il est possible que dans l'avenir interviennent des solutions exclusivement métallurgiques, qui permettront d'améliorer les conditions du problème. Mais il semble bien que, même dans l'état actuel des matériaux utilisés, ce ne soit pas le piston d'aluminium qu'il faille incriminer, ni même, si paradoxal que cela puisse paraître, le moteur dans ses proportions générales, mais que ce soit le rapport de démultiplication de la prise directe au pont-arrière, c'est-à-dire, par voie d'extension, la boîte de vitesses, qui soit à mettre en cause.

En effet, on a voulu obtenir d'une voiture qu'elle puisse évoluer dans une grande ville avec de multiples ralentissements, et de multiples reprises en charge, en conservant la prise directe sans obliger le conducteur à manœuvrer le levier des vitesses. On a voulu que la même voiture puisse également aller de Paris à Nice, par exemple, dans les mêmes conditions, sur route libre ou accidentée, en prise directe.

Cela a été obtenu précisément depuis 4 ou 5 ans en *sous-multipliant*, par rapport à ce qui se faisait auparavant, la prise directe, puisque, grâce aux équipements mobiles légers et grâce aux pistons d'aluminium, en particulier, la puissance du moteur ne commençait à fléchir sous l'influence des résistances passives qu'à des régimes surélevés de rotation.

Il est évident que, dans ces conditions, un moteur qui ne tourne qu'à 1000 ou 1200 tours dans Paris est amené à tourner à 3000 tours, et plus, en régime de route. Il semble bien, d'après les observations des usures rapides, que les vitesses correspondantes linéaires des pistons soient devenues excessives pour les matériaux en présence, bien moins du fait de la réduction du volume de la cylindrée que du fait du régime imposé au moteur par la prise directe sur route libre.

Une réaction récente contre cette solution trop universelle semble s'étendre, elle fera disparaître les inconvénients des usures excessives des pistons.

On voit, en effet, actuellement, les constructeurs les plus avertis considérer avec raison, comme un nouveau progrès, la réalisation d'une troisième vitesse silencieuse, qui répond aux exigences de la marche en ville où elle est exclusivement employée, et une quatrième vitesse *sur-multipliée* pour route, qui a l'avantage de ménager le moteur, moyennant le faible inconvénient d'obliger le conducteur à manœuvrer de loin en loin son levier de vitesse sur la route libre, et à reprendre temporairement en côte ou dans les agglomérations, ou lors des reprises, la troisième vitesse de régime urbain.

De la sorte, lors des grandes vitesses de progression du véhicule sur route, la rotation du moteur ne *dépassera pas* plus 2500 tours, par exemple, au lieu de 3000, ce qui réduira proportionnellement les vitesses du piston, et bien plus que proportionnellement, les usures des organes.

Une première observation particulière à faire : c'est qu'en matière de piston, on exploita les marges de progrès qui résident dans l'emploi des métaux légers, presque entièrement en accroissement de possibilités fonctionnelles et de commodités de conduite, et nullement en accroissement de sécurité, de sorte que les ennuis s'accrurent.

Une deuxième observation particulière : c'est que le piston est bien un des organes les plus importants et les plus délicats sur lequel, la moindre modification, même étrangère à l'objet, peut avoir une répercussion fort directe. Les problèmes métallurgiques et constructifs s'y superposent, comme cela a lieu pour tous les organes essentiels et surchargés par quelque côté, de toute machine.

Enfin, une troisième observation d'une portée plus générale : c'est qu'en construction mécanique, la cause d'une défectuosité réside *le plus souvent* ailleurs que dans l'organe où l'on constate cette dernière. C'est ce qui rend si difficile l'interprétation des phénomènes d'abord, puis les corrections constructives, puis aussi, par contre-coup, l'élaboration des cahiers des charges de réception, où se glissent ainsi des erreurs, dans la localisation, dans la nature ou dans la grandeur des épreuves à faire subir à chaque organe particulier, quand on fait dépendre ces épreuves locales des résultats de l'essai global d'un ensemble, sans approfondir complètement les répercussions incidentes.

PHYSIQUE. — *La théorie cinétique de l'absorption.* Note de M. **Thadée Peczalski**, présentée par M. Marcel Brillouin.

On sait qu'une substance poreuse plongée dans un gaz absorbe ce dernier. La quantité de gaz absorbé est d'autant plus grande que les dimensions des pores sont plus petites. L'absorption est accompagnée d'une élévation de température de l'absorbant.

On peut expliquer ces phénomènes par la diminution des chemins moyens des molécules du gaz entré dans les pores, dont les dimensions linéaires sont plus petites que le chemin moyen des molécules du gaz entourant l'absorbant. Il en résulte une compression adiabatique accompagnée d'élévation de température et de densité du gaz entré dans les pores.

Faisons la théorie dans le cas d'un tube cylindrique de rayon r plongé dans un gaz dont le chemin moyen des molécules est l_0. Soit s la section droite du tube. Le nombre des molécules qui frappent la surface dans l'unité de temps est

$$dn = \frac{nus}{2} \sin\theta \cos\theta \, d\theta, \tag{1}$$

où n est le nombre des molécules dans l'unité de volume du gaz, u leur vitesse moyenne et θ l'angle que fait u avec l'axe du tube. Les molécules qui entrent dans le tube sous l'angle θ se réfléchissent sur les parois et parcourent le chemin maximum

$$l_1 = \frac{2r}{\sin\theta}, \tag{2}$$

l_1 ne peut être plus grand que l_0, donc

$$l_1 \leqq l_0 = \frac{2r}{\sin\theta_0}. \tag{3}$$

Le chemin moyen des molécules dans le tube est alors

$$l = \frac{\sum\limits_{\theta=\frac{\pi}{2}}^{\theta=\theta_0} l_1 \, \mathrm{dn} + \sum\limits_{\theta=\theta_0}^{\theta=0} l_0 \, \mathrm{dn}}{\sum\limits_{\theta=\frac{\pi}{2}}^{0} \mathrm{dn}}.$$

Remplaçant dn, l_1 et θ_0 par leurs valeurs tirées de (1), (2) et (3), on a

$$l = \frac{\frac{snu}{2} 2r \int_{\frac{\pi}{2}}^{\arcsin \frac{2r}{l_0}} \cos\theta \, d\theta + \frac{snu}{2} l_0 \int_{\arcsin \frac{2r}{l_0}}^{0} \sin\theta \cos\theta \, d\theta}{\frac{snu}{2} \int_{\frac{\pi}{2}}^{0} \sin\theta \cos\theta \, d\theta}$$

et par intégration :

(4) $$l = 4r\left(1 - \frac{r}{l_0}\right),$$

d'où la pression p à l'intérieur du tube est

(5) $$p = p_0 \frac{l_0}{4r\left(1 - \frac{r}{l_0}\right)},$$

p_0 étant la pression du gaz environnant le tube.

Lorsque $2r = l_0$, $p = p_0$, ce qui est à prévoir *a priori*. Pour calculer la température du gaz absorbé, supposons que u est très grand, l'entrée du gaz dans le tube se fait donc instantanément. Nous négligerons aussi dans le calcul la conductibilité et la capacité calorifique des parois. L'élévation de température par compression adiabatique d'un gaz à l'état parfait est donnée par l'équation

$$\frac{T}{T_0} = \left(\frac{p}{p_0}\right)^{\frac{\gamma - 1}{\gamma}};$$

par suite, d'après (5) :

(6) $$\frac{T}{T_0} \leqq \left[\frac{l_0}{4r\left(1 - \frac{r}{l_0}\right)}\right]^{\frac{\gamma - 1}{\gamma}};$$

$\gamma = \frac{C}{c}$ est le rapport des chaleurs spécifiques.

Pour un mélange de gaz, celui dont le chemin moyen est plus grand s'absorbe plus facilement. Baissant la température le cas inverse se présente, le gaz dont p est plus petit que la pression critique se liquéfie dans les tubulures absorbantes et alors la quantité de ce gaz absorbé est plus grande que ne le prévoit la formule (5); aussi la formule (6) n'est plus valable.

On peut aussi expliquer par cette théorie les phénomènes observés par

nous sur l'action des sels sur les métaux ([1]). Les métaux possèdent toujours des petites cannelures dans leur masse. Ces cannelures absorbent la vapeur des gaz des sels dans lesquels le métal est plongé. Puisque dans les cannelures la pression des vapeurs est considérablement augmentée à la température où le métal est assez malléable, il se produit un élargissement de ces cannelures, manifesté par la diminution de densité du métal ([2]).

A la pression p dans les cannelures les vapeurs se condensent sur les parois, diminuant v et augmentant p. Les pores à la périphérie du métal augmentent de plus en plus et il peut arriver une séparation des parties extérieures du métal du corps même du métal ([3]) et la condensation du sel dans les cannelures assez éloignées de la périphérie. Toutefois la quantité de sel entré dans le métal peut être inappréciable.

A mesure que la température du métal est plus élevée, les pores s'élargissent (v diminue) et ls augmente; donc l'effet produit est plus lent ([4]).

PHYSIQUE. — *Effet Joule-Thomson et frottement intérieur des fluides.* Note de Mlle **Marie Kosinska**, présentée par M. Marcel Brillouin.

Considérons une masse de fluide en mouvement. Soient p_x la pression produisant le mouvement dans la direction x et u_x la vitesse de fluide dans cette direction. Sur une surface ds d'une tranche de fluide d'épaisseur dx (perpendiculaire à x) agit la force

$$df = \frac{dp_x}{dx} ds\, dx. \tag{1}$$

Par ds passe dans l'unité de temps un filet de fluide de section ds et de longueur u_x; le travail accompli par le passage du fluide à travers ds est

$$d^3\mathfrak{T} = \frac{dp_x}{dx} dx\, u_x\, ds. \tag{2}$$

Le travail sur une section finie s de la tranche est alors

$$d\mathfrak{T} = dx \int\int_{(s)} \frac{dp_x}{dx} u_x\, ds. \tag{3}$$

([1]) *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 1813.
([2]) *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 887.
([3]) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 516.
([4]) *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1159.

La quantité de fluide qui passe par s dans l'unité de temps est

$$v_x = \int\int_{(s)} u_x \, ds. \tag{4}$$

Par la détente du fluide de dp_x il se dégage une quantité de chaleur due à l'effet Joule-Thomson

$$\mathfrak{J}\, dQ = -\left(T\frac{\partial v_x}{\partial t} - v_x\right) dp_x. \tag{5}$$

Cette quantité de chaleur est produite par l'effet des travaux intermoléculaires du fluide pendant la détente.

La quantité totale d'énergie dégagée sous forme de chaleur pendant la détente est alors

$$dw = d\mathfrak{T} + \mathfrak{J}\, dQ = dx\left[\int\int_{(s)} \frac{dp_x}{dx} u_x ds - \left(T\frac{\partial v_x}{\partial t} - v_x\right)\frac{dp_x}{dx}\right], \tag{6}$$

où v_x est donnée par la formule (4).

L'intégration de cette équation n'est possible que lorsqu'on connaît p_x et u_x en fonction de s.

Dans le cas où l'on peut admettre dans le calcul une pression moyenne dans toute la section s, l'équation (6) s'écrit

$$dw = d\mathfrak{T} + \mathfrak{J}\, dQ = v\, dp - \left(T\frac{\partial v}{\partial t} - v\right) dp, \tag{7}$$

dp et v étant respectivement la chute de pression dans la direction du courant de fluide et son débit par la section s. $v\, dp$ est le travail de frottement

$$d\mathfrak{T} \quad \text{et} \quad \left(T\frac{\partial v}{\partial t} - v\right) dp,$$

travail produit par la pression intermoléculaire du fluide.

Ce mode de calcul peut être appliqué dans le cas des fluides, en particulier au cas de passages du liquide par les tubes capillaires, régi par la loi de Poiseuille.

Si les forces intermoléculaires étaient nulles, pour maintenir la température constante pendant la traversée du tube par le liquide, il faudrait retirer du liquide la quantité de chaleur $\frac{d\mathfrak{T}}{\mathfrak{J}}$, quantité d'énergie représentant le travail de diffusion des molécules du liquide par agitation thermique.

$\mathfrak{J}\, dQ$ représente la quantité d'énergie produite par les forces intermoléculaires à la température donnée.

Écrivant $\frac{1}{v}\frac{\partial v}{\partial t} = \alpha$ (α le coefficient de dilatation à volume constant), on a

$$J\,dQ = -v(T\alpha - 1)$$

et

$$dw = v\,dp\,(2 - T\alpha);$$

dp est proportionnel à η, le coefficient de frottement intérieur.

Tout se passe donc comme si η était augmenté d'un facteur $(2 - T\alpha)$ par suite de l'effet de Joule-Thomson.

Calculons $(2 - T\alpha)$ dans le cas de l'eau et de l'alcool en appliquant la formule de M. Peczalski (¹) :

$$v = A\,e^{m_1 p + m_2 \frac{p^2}{2}}.$$

Eau : $t = 0^\circ$.

p.....	1atm.	100atm.	500atm.	
$2 - T\alpha$..............	2.0033	2,0025	1,9989	(²)
$\frac{\eta}{\eta_0}$..................	1	—	0,938	

Alcool = 30°.

p.....	1atm.	100atm.	500atm.	
$2 - T\alpha$..............	1,66509	1,68545	1,74014	(²)
$\frac{\eta}{\eta_0}$..................	1	—	1,28	

On voit par ces tableaux que les variations de η mesurées et de $2 - T\alpha$ sont de même sens. On peut se demander si les forces intermoléculaires ne produisent pas d'action changeant les dimensions des molécules, manifestée par le changement des coefficients de frottement intérieur.

THERMODYNAMIQUE. — *L'équation de Van der Waals et les principes de la thermodynamique; la relation de Maxwell-Clausius et la formule de Clapeyron déduites de cette équation.* Note (³) de M. **Vasilesco Karpen**, présentée par M. Paul Janet.

Si l'on s'en tient aux hypothèses faites par Van der Waals pour établir son équation

$$(1) \qquad P = p + \frac{a}{v^2} = \frac{RT}{v - b},$$

(¹) *Ann. de Phys.*, 1, 1914, p. 457.

(²) Valeurs relatives d'après M. Bridgeman (*Proc. Amer. Acad.*, 61, 1926, p. 57).

(³) Séance du 5 novembre 1928.

on vérifie immédiatement que les fluides théoriques conformes à ces hypothèses obéissent aux principes de la thermodynamique.

En effet, la chaleur absorbée pendant que le volume augmente de dv et la température de $d\mathrm{T}$ sera

$$(2)\qquad dQ = \left(p + \frac{a}{v^2}\right) dv + C_v\, d\mathrm{T} = \frac{\mathrm{RT}}{v-b}\, dv + C_v\, d\mathrm{T},$$

le premier terme du second membre représentant le travail de la pression totale P comprenant le travail extérieur $p\,dv$ et le travail de la pression $\frac{a}{v^2}dv$, augmentant l'énergie potentielle du fluide; la chaleur spécifique à volume constant C_v, étant constante (ou fonction de T). Les variations de l'énergie et de l'entropie sont respectivement

$$(3)\qquad dU = dQ - p\,dv = \frac{a}{v^2}\, dv + C_v\, d\mathrm{T},$$

$$(4)\qquad dS = \frac{dQ}{\mathrm{T}} = \frac{\mathrm{R}}{v-b}\, dv + \frac{C_v}{\mathrm{T}}\, d\mathrm{T},$$

dU et dS sont donc des différentielles exactes. Il en serait de même si la pression interne et R étaient des fonctions quelconques de v seulement.

Ce résultat était à prévoir, car la mécanique statistique démontre la validité des principes, pour des fluides à phase unique, assujettis à des conditions beaucoup moins restreintes que celles supposées par Van der Waals. Mais les meilleures vérifications du principe de Carnot sont relatives à la formule de Clapeyron, donnant la chaleur latente de vaporisation

$$(5)\qquad \lambda = \mathrm{T}\frac{dp_s}{d\mathrm{T}}(v_2 - v_1).$$

Montrons que, pour les fluides dont les deux phases, liquide et vapeur, obéissent à l'équation de Van der Waals, *la formule de Clapeyron ainsi que la relation de Maxwell-Clausius peuvent être déduites directement de cette équation, indépendamment du principe de Carnot.*

Considérons un liquide surmonté de sa vapeur saturée. Trouvons les trois relations qui déterminent les trois inconnues p_s, v_1, v_2, en fonction de T.

Nous avons d'abord :

$$(6)\qquad p_s + \frac{a}{v_1^2} = \frac{\mathrm{RT}}{v_1 - b};$$

$$(7)\qquad p_s + \frac{a}{v_2^2} = \frac{\mathrm{RT}}{v_2 - b}.$$

Nous trouverons une troisième relation en écrivant la condition d'équilibre entre liquide et vapeur. Soient : P la pression totale à une distance x d'un plan horizontal voisin de la couche de passage séparant le liquide de la vapeur; F la force moléculaire sollicitant une molécule-gramme se trouvant

au niveau x; v le volume occupé par la molécule-gramme sous la pression P.

Une tranche d'épaisseur dx et de surface unité se trouve en équilibre sous l'action de la différence dP de la pression sur ses deux faces et de la force moléculaire qui la sollicite $\mathrm{F}\frac{dx}{v}$:

$$(8) \qquad d\mathrm{P} = \mathrm{F}\frac{dx}{v};$$

$$(9) \qquad \int_{v_1}^{v_2} v\, d\mathrm{P} = \int_{\mathrm{P}_1}^{\mathrm{P}_2} \mathrm{F}\, dx.$$

Le second membre de (9) représente le travail $\mathcal{T}$ qu'il faut effectuer pour faire passer une molécule-gramme du liquide dans la vapeur. Adoptant l'hypothèse très légitime de Laplace et Van der Waals, suivant laquelle l'attraction moléculaire est proportionnelle à la densité (donc au nombre des molécules attirantes), $\mathcal{T}$ est proportionnel à la différence des densités du liquide et de la vapeur.

Remplaçant dans (9) dP par sa valeur tirée de (1), on obtient

$$(10) \qquad b\,\mathrm{RT}\left(\frac{1}{v_1 - b} - \frac{1}{v_2 - b}\right) + \mathrm{RT}\log\frac{v_2 - b}{v_1 - b} = \mathrm{A}\left(\frac{1}{v_1} - \frac{1}{v_2}\right).$$

Nous déterminerons le coefficient de proportionnalité A, en écrivant la relation précédente, pour la température et le volume critiques T_c, v_c. Remplaçons-y v_1 et v_2 par $v_c - h$ et $v_c + h$, divisons les deux membres avec $2h$ et rendons $h = 0$; nous obtenons en remplaçant T_c et v_c par leurs valeurs :

$$(11) \qquad \mathrm{A} = \frac{\mathrm{RT}_c v_c^3}{(v_c - b)^2} = 2a.$$

Nous aurions pu trouver la valeur $2a$ de A directement, en suivant un raisonnement analogue à celui fait par Van der Waals pour trouver l'expression $\frac{a}{v^2}$ de la pression interne.

Des trois équations (6), (7), (10) on tire facilement

$$(12) \qquad p_s(v_2 - v_1) = \mathrm{RT}\log\frac{v_2 - b}{v_1 - b} - a\left(\frac{1}{v_1} - \frac{1}{v_2}\right);$$

c'est la relation, bien connue, obtenue par Maxwell, Clausius et Planck, en s'appuyant sur le principe de Carnot et admettant de plus que ce principe s'applique à la partie instable de l'isotherme. Cette relation exprime que les deux aires déterminées par l'isotherme théorique au-dessus et au-dessous du palier de liquéfaction sont égales.

Dérivant par rapport à T l'expression de P_s tirée de (12), on obtient après quelques opérations :

$$\text{(13)} \qquad \mathrm{RT} \log \frac{v_2 - b}{v_1 - b} = \mathrm{T} \frac{dp_s}{d\mathrm{T}} (v_2 - v_1).$$

Mais le premier membre de cette équation est précisément la chaleur latente de vaporisation λ, travail total du fluide passant de $v_1 - b$ à $v_2 - b$. La formule de Clapeyron se trouve ainsi démontrée.

ÉLECTRICITÉ. — *Nouveau mode de développement d'électricité par torsion dans les cristaux de quartz.* Note de M. **Edgar-Pierre Tawil**, présentée par M. Ch. Fabry.

Les frères Curie ont découvert que les cristaux hémièdres à faces inclinées jouissaient de la propriété de donner naissance à des dégagements d'électricité de signes contraires suivant leurs axes d'hémiédrie quand on les soumettait à des variations de pression,

J'ai trouvé un nouveau moyen de produire un dégagement d'électricité dans un cristal de quartz, qui consiste à le tordre autour de son axe optique.

Voici comment j'ai réalisé l'expérience :

Un cylindre est découpé dans un canon de quartz non maclé de façon que l'axe de ce cylindre soit parallèle à l'axe optique. Aux deux extrémités du cylindre sont fixées des montures. Une de ces montures est maintenue de façon rigide tandis que l'autre comporte un bras de levier permettant d'exercer la torsion.

Pour constater le dégagement d'électricité, je me suis servi d'un électromètre de Gutton, mais j'ai donné, par la suite, la préférence à un milliampèremètre, branché dans le circuit d'une lampe bigrille. L'exploration se faisait en appliquant directement la corne de la lampe sur différents points du cristal ou même en l'approchant sans établir de contact.

Sitôt que l'on exerce la torsion, un dégagement d'électricité se produit sur l'enveloppe du cylindre. Toute cette surface est uniformément chargée d'une électricité de même signe, tandis que la charge du signe opposé se produit sur les faces perpendiculaires à l'axe. Si l'on inverse le sens de la torsion, les charges s'inversent. Les charges s'inversent également quand, supprimant la torsion, le quartz reprend sa position d'équilibre. La quantité d'électricité libérée semble bien être proportionnelle à la variation de l'effort de torsion.

Fait important à noter, pour une torsion de même sens, les signes de déga-

gement ne sont pas les mêmes pour un quartz dextrogyre ou lévogyre. Chaque cristal dégage sur sa surface de l'électricité positive quand on le tord dans le sens de sa rotation optique.

J'ai voulu m'assurer que le dégagement sur la surface du cylindre se faisait uniformément sans inversion de polarité et qu'il provenait uniquement de la zone explorée.

A cet effet, j'ai revêtu le cylindre d'une chemise métallique reliée à la terre. Elle comportait une fente sur toute sa longueur et pouvait tourner suivant son axe. On pouvait ainsi explorer le cylindre par zones successives suivant des génératrices. Dans ces conditions l'électricité recueillie ne pouvait provenir que de la zone mise à nu, puisque toutes les charges qui prenaient naissance sur le cristal étaient neutralisées par la chemise. Je n'ai pu, malgré ces précautions, déceler aucune inversion ni affaiblissement des charges sur la surface latérale du cylindre.

J'avais des raisons de me méfier de mes observations, car des essais sur la torsion que Röntgen (¹) avait déjà entrepris en 1889 avaient donné des résultats nettement différents. Röntgen avait constaté la création par torsion de deux axes électriques perpendiculaires entre eux et à l'axe optique. Ce résultat n'avait pas été sans le surprendre et ce n'est qu'après avoir répété l'expérience avec plusieurs cristaux et dans des conditions diverses qu'il se décida à le publier en l'expliquant par la non-équivalence des axes de Curie.

Ses conclusions sont difficiles à concilier avec les éléments de symétrie du quartz.

Pour recueillir les charges de signes opposés dans les meilleures conditions il conviendrait, après avoir percé le cristal suivant son axe, de le munir de deux armatures l'une intérieure, l'autre extérieure.

J'ai parlé d'un cylindre découpé dans un cristal de quartz, mais il est bon de faire remarquer que l'expérience peut être entreprise avec un prisme naturel. Il suffit de maintenir les deux extrémités du cristal dans deux montures quelconques destinées à exercer la torsion. Ce procédé permet de déterminer immédiatement par les signes du dégagement le sens de la rotation optique. Un effort, même très faible, donne un dégagement nettement décelable par le moyen que j'ai indiqué. On peut se contenter, quand le cristal est suffisamment long et pas trop large, de le tordre directement en le saisissant dans ses deux mains par les extrémités.

Il faut se garder, en pratiquant la torsion, de faire fléchir le cristal, car

(¹) WIEDEMANN, *Annalen der Physik*, 39, 1890, p. 16.

cela donnerait lieu à un dégagement d'électricité dû, non pas à la torsion, mais à la flexion, qui venant se superposer au premier fausserait les résultats.

J'ai en effet trouvé un autre mode de développement d'électricité, provoqué par la flexion.

Je n'ai pas encore de données sur les lois qui régissent le phénomène de la torsion, que l'on pourait appeler strepho-électricité, mais il est évident qu'il est distinct de la piézo-électricité.

OPTIQUE. — *Sur un procédé optique de localisation des surfaces polies, et son application à la mesure des rayons de courbure.* Note de M. **Albert Arnulf**, présentée par M. Ch. Fabry.

La localisation d'une surface optique présente une grande importance en métrologie, qu'il s'agisse de fixer la position d'un niveau liquide ou de déterminer la longueur d'un étalon à bout, par exemple. La méthode d'autocollimation que nous présentons permet de résoudre ce problème d'une façon très simple et précise.

L'appareil est un microscope ou viseur qui porte, de part et d'autre du plan image de son objectif, deux croisées de fils distantes d'une dizaine de millimètres, Entre ces deux croisées de fils, une glace sans tain à 45°, G, envoie dans le tube du microscope le faisceau lumineux issu d'une lampe placée latéralement, éclairant ainsi la croisée de fils la plus voisine de l'objectif, soit Q. La croisée de fils la plus éloignée de l'objectif, soit P, est examinée au moyen d'un oculaire de Ramsden puissant. L'objectif fournit de P une image p, non éclairée, et de Q, une image q, plus éloignée de l'objectif que p. Si, en déplaçant le microscope, nous amenons p et q de part et d'autre de la surface à localiser, q jouant alors le rôle d'objet virtuel par rapport à cette surface, nous trouvons une position du microscope pour laquelle l'image réelle q' et q formée par la surface vient en coïncidence avec l'image p. Dans ces conditions, l'image correspondante Q' donnée de q' par l'objectif est vue nettement dans le plan de l'objet P. Le pointé de la surface consiste donc à amener sur la croisée P l'image de Q par réflexion sur la surface. Si l'on emploie une seule croisée de fils, un tel pointé n'est pas possible, l'image venant en coïncidence rigoureuse avec l'objet.

La précision des pointés dépend de l'ouverture numérique de l'objectif employé, le grossissement total de l'appareil étant évidemment toujours

supérieur à son grossissement normal. Les chiffres suivants sont la moyenne des écarts avec la moyenne de 10 pointés. Les résultats sont presque identiques, à ouverture numérique égale, bien que les pointés aient été exécutés sur des surfaces planes ou sphériques, ou au centre de courbure de très bonnes surfaces, l'ouverture numérique étant limitée, dans ce dernier cas, soit par l'objectif, soit par la surface. Les pointés sont alors un peu moins bons, car les défauts de surface interviennent. Mesures effectuées par microscope à oculaire micrométrique : $c =$ pointés au centre, $s =$ pointés sur la surface.

Foyer de l'objectif.......	60^{mm}.	16^{mm}.	60^{mm}.	16^{mm}.	16^{mm}.	16^{mm}.	12^{mm}.
Ouverture numérique.	0,05	0,05	0,05	0,10	0,10	0,20	0,33
Précision en microns..	14(c)	13(c)	10(s)	3,9(s)	3,3(s)	0,8(s)	<0,5(s et c)

On voit qu'il est possible, avec un objectif d'ouverture aussi faible que 0,20, d'obtenir la localisation d'une surface à 1^{μ} près.

Dans des expériences que nous avons effectuées sur les objectifs d'ouverture numérique plus grande, à sec et à immersion, en collaboration avec M. A. C. S. Van Heel, la précision a atteint $0^{\mu},03$.

Application à la mesure précise des rayons de courbure. — On montre facilement que, par rapport à une surface sphérique, il existe deux positions du microscope pour lesquelles l'image q' de q vient en coïncidence avec p, donc Q' en coïncidence avec P. L'une de ces positions correspond au pointé de la surface, étudié plus haut, l'autre au pointé du centre de courbure (p et q de part et d'autre du centre de courbure). Le déplacement D du microscope, pour passer du pointé du centre au pointé de la surface (mesuré en visant une règle de précision fixée au microscope au moyen d'un microscope micrométrique fixe), est lié au rayon r par la formule

$$r = \sqrt{D^2 - a^2} \qquad \text{avec} \qquad a = \text{distance } pq.$$

La précision des pointés de la surface correspond à l'ouverture numérique de l'objectif; la précision des pointés du centre correspond à la plus faible des ouvertures numériques de l'objectif ou de la surface. La précision sur la mesure de D n'étant pas meilleure que 1^{μ}, il est inutile d'employer des objectifs dont l'ouverture numérique est plus grande que $0^{mm},20$ ($f = 16^{mm}$ en général). Dans ces conditions, $a = 0^{mm},1$ et est négligeable pour tous les rayons plus grands que 5^{mm}. Dans le cas d'un rayon convexe, la distance frontale de l'objectif doit être suffisante pour que l'on puisse placer q et p au centre de courbure. Nous employons pour les petits rayons un objectif

de 80^{mm} de distance frontale : ouverture numérique, $0^{mm},20$. Puis pour des rayons croissants, un objectif de 230^{mm} de distance frontale : ouverture, $0^{mm},08$; précision absolue, $0^{mm},01$. Puis un objectif de lunette : distance frontale, 5000^{mm}; précision, $0^{mm},08$. Cette méthode est d'un maniement très simple et rapide et donne des résultats très réguliers en affranchissant des défauts ordinaires de l'autocollimation :

1° Mauvaise localisation de la surface par pointé direct (lycopode, poussières, rayures);

2° Emploi d'objectifs d'ouverture numérique trop faible.

OPTIQUE. — *Fluorescence du benzène et son absorption infrarouge.* Note [1] de M. V. **Posejpal**, transmise par M. Pierre Weiss.

Dans un Mémoire présenté à l'Académie tchèque des Sciences à Prague [2] j'ai montré qu'un effet analogue à celui de M. Raman doit avoir lieu dans la fluorescence et phosphorescence et, en appliquant mon idée aux spectres de résonance de la vapeur d'iode et de sodium, j'ai fait comprendre l'apparition des ordres négatifs ainsi que l'absence de quelques ordres dans les spectres de résonance. Je vais aujourd'hui étudier la fluorescence du benzène. Pour préciser mon point de vue j'admets que la molécule d'un corps fluorescent peut, après avoir été excitée à la fluorescence, évoluer de deux manières : elle peut soit revenir à son état normal avec émission de lumière fluorescente, soit s'élever à un état d'excitation supérieur en transformant une partie de son énergie de fluorescence en énergie d'excitation infrarouge. En revenant ensuite à l'état normal le quantum de sa lumière de fluorescence se trouve diminué du quantum de la fréquence infrarouge en question. Mais la molécule peut aussi bien s'élever de nouveau à un troisième état d'excitation, par l'action d'une deuxième fréquence infrarouge, appartenant probablement, mais pas nécessairement, à la même bande d'absorption, et ainsi de suite.

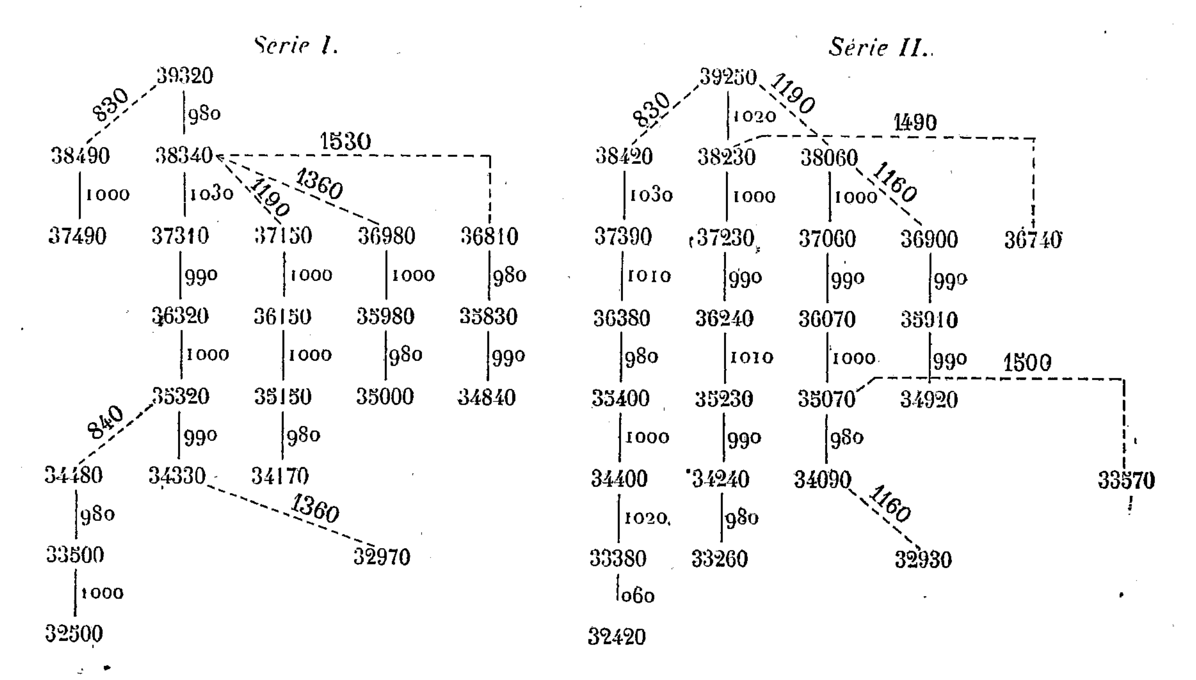
Le spectre de fluorescence de la vapeur de benzène, aux pressions de 26 à 75^{mm}, comprend deux séries de bandes résolvables chacune en un groupe de bandes plus fines. Voici les fréquences en cm^{-1} de ces deux séries, tirées du travail de M. A. Reimann [3].

---

(1) Séance du 19 novembre 1928.

(2) Rozpravy, *Sbornik členů* II. třídy, 37, Praha, 1928, xxxviii.

(3) *Annalen der Phys.*, 4ᵉ série, 80, 1926, p. 43.



Admettons que les bandes homologues proviennent l'une de l'autre par l'intervention de la même bande d'absorption infrarouge. (Traits pleins dans les tableaux.) La moyenne des fréquences de cette bande fait 994,3 dans la première série et 996,6 dans la seconde, ce qui donne pour sa longueur d'onde 10$^{\mu}$,06 et 10$^{\mu}$,03, dont la moyenne 10$^{\mu}$,0 est en bon accord avec la bande d'absorption 9$^{\mu}$,8 mesurée par Puccianti et Coblentz et calculée par V. Henri (¹).

Des bandes qui n'ont pas leur homologue dans le groupe d'ordre précédent nous admettons qu'elles résultent de l'action d'autres bandes d'absorption infrarouge. Nous trouvons ainsi (voir lignes pointillées dans les tableaux) l'activité probable des bandes suivantes (entre parenthèses les valeurs observées) :

$\nu = 830$, 40, 30; $\lambda = 12^{\mu}$ (11$^{\mu}$,8); 1190, 90, 60, 60, 8$^{\mu}$,51 (8$^{\mu}$,7), 8$^{\mu}$,3 (V. Henri); 1360, 60, 7$^{\mu}$,35 (7$^{\mu}$,3); 1530, 1490, 1500, 6$^{\mu}$,64 (6$^{\mu}$,7).

Les longueurs d'onde de ces bandes sont en bon accord avec l'expérience.

Pour la fluorescence du benzène liquide les plus précises sont les données

(¹) *Journ. de Phys. et le Rad.*, 6ᵉ série, 3, 1922, p. 181.

suivantes de M. V. Henri ([1]) :

37610 — (590; 16,9) — 37020 — (870; 11,5, 11,8) — 36150 — (1030; 9,70, 9,8) — 35120 — (840; 11,9 11,8) — 34280 — (1000; 10,0, 9,8) — 33280.

Des nombres entre parenthèses le premier représente la différence des fréquences, le deuxième la longueur d'onde calculée et le troisième la longueur d'onde observée. On y retrouve les mêmes bandes qu'on a vues plus haut, à l'exception de la bande de $16^{\mu},9$, qui n'a pas même été observée par Puccianti et Coblentz. Mais la formule de V. Henri ([2]) nous donne $\nu = 603,4\ \text{cm}^{-1}$ et $\lambda = 16^{\mu},6$ et, de plus, dans le spectre de Raman M. R. W. Wood a trouvé ([3]) pour elle les fréquences 606,7, 601,5, 604,5 cm^{-1}, qui sont en bon accord avec notre fréquence 590 cm^{-1}. Ajoutons que M. Wood a obtenu dans ce même spectre de Raman toutes nos fréquences infrarouges à l'exception de celle de 1360 cm^{-1}, tandis que la fréquence analogue à notre fréquence 994 y est représentée le plus souvent.

Résumé. — Un effet analogue à celui de Raman existe dans le domaine des spectres de fluorescence. Des spectres de fluorescence du benzène résultent les mêmes bandes d'absorption infrarouges que de ses spectres de Raman, et qui sont en bon accord avec l'expérience.

PHYSIQUE INDUSTRIELLE. — *Une énergie naturelle utilisable.* Note ([4]) de M. **H. Barjot**, présentée par M. L. Lecornu.

L'on sait que pendant les hivers des pays voisins du pôle, les eaux naturelles (rivières, lacs, mers) ne se congèlent qu'à leur surface tandis qu'elles restent liquides dans la profondeur. La carapace superficielle de glace, dont l'épaisseur ne dépasse guère 5^{m}, forme une cloison isolante parfaite empêchant tout refroidissement ultérieur de la masse d'eau, qui, malgré la température très basse de l'atmosphère, se maintient liquide à une température voisine de zéro.

Cette masse d'eau constituant, dans les conditions existantes, une immense réserve calorifique, pourra dès lors être utilisée comme source chaude dans un cycle thermique destiné à produire de l'énergie méca-

([1]) *Loc. cit.*, p. 208.
([2]) *Loc. cit.*, p. 198.
([3]) *Phil. Mag.*, 7e série, 6, 1928, p. 729.
([4]) Séance du 26 novembre 1928.

nique, tandis que la source froide exigée par le principe de Carnot sera puisée dans l'atmosphère que l'on suppose être alors à une température très basse (— 40°).

Pour réaliser ce procédé, il suffira de pomper, au moyen d'une canalisation traversant la couche de glace superficielle, une certaine quantité d'eau, soit de la mer ou d'un lac, soit d'une rivière et d'envoyer cette eau circuler dans un bouilleur où elle provoquera l'ébullition d'un gaz liquéfié (NH^3, CO^2, SO^2, ...). Il sera particulièrement pratique d'utiliser comme fluide intermédiaire un composé insoluble dans l'eau pouvant, de ce fait, être mélangé directement avec elle; par exemple, l'un de ces hydrocarbures très volatils existant dans le pétrole brut (propane, $T_e = -37°$; butanes, $T_e = -17°$; éther de pétrole). Ces produits, mélangés intimement à une certaine quantité d'eau naturelle, se mettront instantanément à bouillir sous une pression convenable en provoquant simultanément la congélation d'une masse d'eau correspondante. Remarquons dès maintenant que le travail préalable d'extraction des gaz dissous ne nécessitera qu'une dépense minime d'énergie, car chaque litre d'eau utilisé ne fournit pas moins de 80^{cal} (chaleur de fusion de la glace), c'est-à-dire une quantité de chaleur relativement forte.

Le fluide ainsi obtenu ira travailler dans une turbine et sera ensuite aspiré par un condenseur. Les tubes de ce condenseur pourraient être balayés par l'atmosphère extérieure, mais ce procédé de réfrigération est peu pratique en raison de la faible capacité calorifique de l'air. Voici un moyen préférable :

On sait qu'une solution saturée de sel marin NaCl se solidifie en un cryohydrate à — 22°; elle pourra donc être congelée au contact d'une atmosphère dont la température serait à peu près de — 27°. La glace saline (cryohydrate) ainsi obtenue formera un parfait agent de refrigération en raison de la chaleur énorme qu'elle doit absorber pour fondre (80° C.). Elle sera placée dans le condensenr en contact direct avec la vapeur détendue, puisque le fluide élastique employé est un hydrocarbure insoluble dans l'eau. On obtiendra ainsi une condensation énergique et s'effectuant à température remarquablement fixe (— 22°) correspondant au point de fusion du cryohydrate. L'eau salée de fusion et le fluide liquéfié aisément séparables pourront servir indéfiniment. Autre avantage : la glace, pour être introduite dans le condenseur, n'a à subir aucun traitement préalable d'extraction de gaz dissous.

Des Centrales de production d'énergie pourront être avantageusement

installées au bord de la mer ou au bord d'un lac; un pompage de quelques mètres fournirait à discrétion l'eau à 0°, tandis que la surface congelée à peu près plane, serait aménagée pour recevoir une mince couche de la solution salée saturée ainsi en contact intime avec l'atmosphère. Une circulation régulière de cette solution à travers la Centrale permettrait de séparer les glaçons qui se seraient formés à la surface, et d'en approvisionner le condenseur. D'autre part, comme le sel marin est une substance extrêmement banale, ce système pourrait être mis en pratique sur une très grande échelle; en couvrant avec la solution de sel des surfaces considérables, on augmentera à volonté la puissance de son installation.

Supposons que la température de l'atmosphère soit — 27°, ce qui permet de congeler aisément une solution saturée de sel et ainsi d'avoir une source froide à — 22°; supposons, d'autre part, le rendement mécanique de l'installation égal à 4 pour 100; un calcul simple montre que l'énergie mécanique fournie par 1^{m^3} d'eau non congelée est égale à celle que donnerait ce même mètre cube tombant d'une hauteurde 1360^{m}.

D'autre part, si l'on a à sa disposition une solution saturée de sel congelée sous une épaisseur de 15^{cm} et sur nne surface de 4^{km^2}, cette glace saline pourra alimenter le condenseur d'une turbine de 30000 chevaux pendant 24 heures, la turbine marchant toujours à plein rendement.

Il n'est point besoin d'aller au pôle pour mettre en pratique un tel procédé. A Winnipeg, latitude de Paris, on note des froids de — 40°. La riche région industrielle et minière située entre les Grands Lacs et la Baie d'Hudson a des hivers excessivement rudes bien qu'étant à la même distance de l'équateur que la France.

Ce qui est réalisable dans ces régions largement peuplées, l'est encore plus, *a fortiori*, pour les îles avoisinant le pôle magnétique et ces régions du nord du Canada s'étendant du Klondyke au Labrador qui ont déjà laissé entrevoir des richesses minières considérables. La Sibérie se prêterait à une application analogue.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Constitution et Thermochimie*. Note de MM. **Albert** et **Marcel Gosselin**, présentée par M. C. Matignon.

En partant des formules de Werner et de la loi de la parité de la valence, nous avons été conduits à généraliser ou à prévoir l'existence, dans les diffé-

rentes molécules minérales ou organiques, des doublets H^2, O^2, Cl^2, N^2, etc., des molécules complètes H^2O, NH^3, C^2H^4, CNH, etc., et des groupes d'atomes CH^2, NH, etc.

Nous obtenons des formules nouvelles comportant un atome central (ou un groupe d'atomes) et des constituants divers pouvant être liés soit par électrovalence, ou action électrostatique, soit par stéréovalence, ou action non électrique, soit simultanément par ces deux modes. Ces formules embrassent à la fois les complexes, la chimie minérale et la chimie organique. Elles rendent compte de la plupart des propriétés chimiques et électrochimiques.

En outre, *elles expriment les chaleurs de formation* et sont ainsi reliées directement à l'énergétique moléculaire, aux équilibres chimiques et aux réactions chimiques en général. Sans entrer dans des détails qui ne peuvent trouver place ici, nous indiquerons que ces formules vérifient, pour l'état gazeux, la loi d'additivité des chaleurs de liaisons des différents groupements constitutifs de la molécule. Il est donc facile de calculer celles-ci à l'aide des composés binaires et de quelques composés ternaires simples. Dès lors toutes les chaleurs de formation peuvent être calculées à partir des formules nouvelles.

On obtient notamment les valeurs suivantes des chaleurs de liaisons, valeurs dans l'expression desquelles les symboles $|C|$, $|N|$, $|H|$, etc. représentent les chaleurs de séparation des atomes des molécules élémentaires, autrement dit les chaleurs de dissociation atomique :

$C - H^2 = 38^{cal}$	$C - NH^3 = 17^{cal}$	$C - N_1 = C - N_2 = \|C\| + \|N\| - 51^{cal},5$
$C - CH^2 = 25^c$	$C - CNH = 42^c$	$C - H_1 = C - H_2 = \|H\| + 22^c$
$N - H = 2\|N\| + 64^c$	$C - NO^2H = 57^c$	$C - Cl_1 = C - Cl_2 = \|Cl\| + 25^c$
$C - H^2O = 15^c$	$C - HCl = 26^c$	$C - O_1 = \|C\| + \|O\| + 26^c$
$C - NH = 2\|N\| - 47^c$	$C - Cl^2 = 37^c$	$C - O_2 = \|O\| + 68^c$
$N - CH^2 = 16^c$	$\|C\| = 64^c$	

Avec ces 17 valeurs, déduites de la connaissance de 17 chaleurs de formation, nous avons pu calculer par exemple les chaleurs de formation de 38 composés minéraux ou organiques simples de fonctions très diverses (carbures, aldéhydes, cétones, acides, alcools, éthers, dérivés nitrés, dérivés cyanés, dérivés halogénés, amines, amides, urée, guanidine, etc.) sans compter, bien entendu, les corps qui leur sont reliés par la loi d'homologie, ce qui comporte 21 vérifications le plus souvent à 1 calorie près, plus rarement avec un écart de 2 ou 3 calories.

Calculons par exemple la chaleur de formation de l'urée. L'urée pos-

sède, selon la théorie nouvelle, la formule même établie expérimentalement par Werner (aux liaisons de valence près)

$$\begin{array}{c}(NH^3)\\ | \\ (NH)-C{:}O,\end{array}$$

Nous avons d'abord les chaleurs de formation expérimentales de

CO	$+26^c,1$
NH^3	$+12^c,2$

auxquelles il convient d'ajouter la chaleur de formation de NH et celles des liaisons :

NH	$+64^{cal}-2\|N\|$
$C-NH^3$	$+17$
$C-NH$	$-47+2\|N\|$

En additionnant on obtient $72^{cal},3$ pour la chaleur de formation de l'urée à l'état gazeux.

La chaleur a été trouvée pour l'état liquide de $80^{cal},8$, ce qui entraîne pour la chaleur de vaporisation une valeur voisine de $8^{cal},5$, ce qui rentre dans l'ordre de grandeur prévu.

Nous exposerons ailleurs, dans des Mémoires détaillés, les principes et les lois fondamentales de cette théorie, les méthodes d'établissement des nouvelles formules, la détermination des chaleurs de dissociation des molécules de carbone et d'azote par voie thermochimique, et enfin les vues nouvelles relatives au mécanisme des réactions.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Quelques nouveaux phénomènes de tautomérie dans la série allylique.* Note de M. **Charles Prévost**, présentée par M. Charles Moureu.

Dans une précédente Communication [1], j'ai exposé la théorie de la *synionie*, dont les principales conséquences, en ce qui concerne les dérivés allyliques β substitués, ont été énoncées dans un Mémoire récent [2].

Cette Note a pour but d'apporter de nouvelles confirmations. Elle traite de phénomènes de tautomérie entre les deux composants d'un certain

(1) Charles Prévost, *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 132.

(2) Charles Prévost, *Annales de Chimie*, 10e série, 10, 1928, p. 118 et suiv.

nombre de couples :

(I) $C^2H^5CHX - CH = CH^2$

et

(II) $C^2H^5 - CH = CH - CH^2X$

où X représente différentes fonctions : OH, Br, Cl, C^2H^5, $OCOCH^3$, OC^2H^5.

Les alcools I et II (X = OH) sont mésomères à la température ordinaire, et même bien au-dessus; c'est ainsi que l'alcool secondaire résiste à 2 heures et demie de chauffe à 225° sans trace d'isomérisation; cependant j'ai montré que vers 360° l'alcool secondaire subit une transformation partielle en alcool primaire.

M. Bouis (1) ayant montré que l'alcool secondaire conduit à un bromure primaire par éthérification, j'ai seulement vérifié que l'alcool primaire conduit à ce même bromure; il semble qu'il n'existe pas de couple de bromures I et II (X = Br), le bromure II étant une forme pseudomère. Je n'ai pas vérifié cette pseudomérie en mettant en évidence la dualité du produit de saponification directe, car j'ai obtenu avec trois homologues des résultats très nets qui rendaient cette expérience inutile, mais j'ai montré l'anomalie partielle de la réaction sur C^2H^5MgBr (2).

M. Baudrenghien (3) avait entrevu la présence de deux chlorures dans le résultat de l'action de l'alcool secondaire sur HCl, et avait isolé, pour l'homologue inférieur, les deux chlorures primaire et secondaire, obtenus à partir de l'un ou l'autre alcool et HCl.

J'ai montré que l'alcool secondaire donne bien deux chlorures sous l'action de PCl^3, et j'ai réussi à les isoler l'un et l'autre, car ils n'ont pas l'instabilité que leur prête M. Baudrenghien.

Voici les constantes des chlorures secondaire et primaire :

Secondaire..	Eb = 93°	$n_{23} = 1,4224$,	$d_{23} = 0,8966$,	RM = 29,64 (th. 29,68)
Primaire...	Eb = 109°,5,	$n_{23} = 1,4347$,	$d_{23} = 0,9095$,	RM = 29,96

J'ai vérifié que, comme le bromure primaire unique, chacun de ces chlorures conduit par l'action de CH^3CO^2Na à l'acétine primaire, peut-être accompagnée de traces non isolables d'acétine secondaire; les acétines sont mésomères.

(1) Bouis, *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 788.
(2) Charles Prévost, *Comptes rendus*, **187**, 1928, p. 945.
(3) Baudrenghien, *Bull. Soc. chim. de Belgique*, **32**, 1923, p. 337.

L'éthylate de sodium donne également avec l'un ou l'autre chlorure un mélange des deux éthylines où la primaire domine, mais l'éthyline secondaire est cette fois isolable; les deux éthylines sont mésomères; voici leurs constantes :

Secondaire.... Eb = 102°, n_{23} = 1,3986, d_{23} = 0,7768, RM = 35,47 (th. 35,61)
Primaire..... Eb = 123°, n_{23} = 1,4099, d_{23} = 0,7930, RM = 35,69

Toutefois l'allure de la réaction diffère quand on passe du chlorure primaire au chlorure secondaire; avec ce dernier une réaction donnant HCl et le 1-méthylérythrène devient prépondérante; elle est à peine perceptible avec le chlorure primaire.

Mésomères à la température ordinaire, et même à 100°, car ils supportent 12 heures cette température sans trace d'isomérisation, les deux chlorures deviennent desmotropes dès 175°.

La composition des deux échantillons, constitués primitivement par chacun de ces isomères bien purifiés, tend assez rapidement vers une limite correspondant à une quantité du chlorure primaire très légèrement prépondérante; le chauffage à 175° pendant 6 heures ne provoque aucune décomposition.

J'ai apporté ainsi une vérification jusqu'ici qualitative des cinq conséquences de la synionie qui vont suivre :

a. Si un couple I, II présente à une température T la desmotropie (avec la pseudomérie comme cas limite), un autre couple I', II' dans lequel la fonction X est moins mobile peut présenter la mésomérie à une température T' > T.

b. Mésomères à une température T, des isomères I, II peuvent devenir desmotropes à une température T' > T.

c. Des phénomènes de tautomérie sont observables à des températures bien inférieures à la température de desmotropie.

d. Deux isomères I et II se comportent de même dans une réaction de double décomposition intéressant la fonction mobile.

e. Dans une telle réaction, le radical X lié primitivement à l'ion tripolaire allylique est indifférent; il en est de même du radical primitivement lié à X_1 qui doit remplacer X; le résultat ne dépend que de la nature de X_1 et de celle de l'ion tripolaire.

D'autres conclusions sur le mécanisme de la catalyse d'isomérisation paraîtront, avec l'interprétation détaillée de ces quelques résultats, dans un autre recueil.

MINÉRALOGIE. — *Remarques sur la mesure du pouvoir réflecteur des minéraux opaques et des minéraux transparents très réfringents.* Note de M. **J. Orcel.**

J'ai montré dans une Note précédente [1] comment l'emploi de la pile photo-électrique permettait d'étudier avec un degré de précision suffisant pour les besoins de la minéralogie, le pouvoir réflecteur des minéraux opaques sous l'incidence normale. J'ajouterai ici quelques remarques en ce qui concerne le choix des étalons et la mesure de l'angle de rotation maximum ω du plan de polarisation de la lumière incidente, relatif à une section d'orientation déterminée, dans le cas des minéraux anisotropes.

1° *Choix des étalons.* — Le pouvoir réflecteur absolu de quelques métaux tels que le platine et l'argent, et celui de minéraux isotropes tels que le diamant et la galène étant bien connu pour diverses longueurs d'onde puisqu'on a déterminé pour ces corps, soit les valeurs de l'indice de réfraction n et de l'indice d'absorption $\varkappa$ en mesurant l'ellipticité de la vibration réfléchie sous l'incidence brewsterienne [2], soit la valeur de n par la méthode de prisme pour le diamant, je propose d'utiliser quelques-unes de ces substances comme étalons dans la mesure des pouvoirs réflecteurs des minéraux opaques. On pourra ainsi donner une valeur absolue assez approchée de cette constante optique. Voici les pouvoirs réflecteurs de ces divers étalons calculés d'après la relation

$$R = \frac{(n-1)^2 + n^2\varkappa^2}{(n+1)^2 + n^2\varkappa^2}, \tag{1}$$

pour la raie D.

	n.	$\varkappa$.	R.
Diamant	2,417	»	$0,171 = R_d$
Blende	2,42	0,019	$0,172 = R_b$
Galène	3,912	0,51	$0,443 = R_g$
Platine	2,06	2,06	$0,701 = R_p$
Argent	0,18	20,3	$0,950 = R_a$

Ces valeurs sont suffisamment approchées pour la lumière blanche. En effet la comparaison directe en lumière blanche des pouvoirs réflecteurs de

(1) *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 1141.

(2) P. Drude, *Wied. Ann.*, 36, 1889, p. 548; 39, 1890, p. 537. — G. Horn, *Inaug. Diss.* (*Neues Jahrb f. Min.*, Beil., 12, 1898, p. 269-342).

ces étalons à l'aide de la cellule photo-électrique m'a fourni les résultats suivants, pour quelques-uns d'entre eux :

	Mesurés.	Calculés pour le jaune.
$R_b : R_d$	0,976	0,994
$R_b : R_g$	0,387	0,388
$R_g : R_p$	0,632	0,631

L'emploi du diamant et du platine sont à recommander en raison de l'inaltérabilité des sections que l'on peut y tailler.

2° *Calcul de* ω. — On peut calculer facilement cette constante en fonction des pouvoirs réflecteurs principaux de la surface considérée. En effet, soient a et b les amplitudes des composantes de la vibration incidente, dirigées suivant les sections principales de la surface, d'indices n_1 et n_2, soient a' et b' les amplitudes des composantes de la vibration réfléchie, dirigées comme a et b. Par suite des différences entre a, b et a', b', la vibration réfléchie est tournée d'un certain angle $(\beta-\alpha)$ par rapport à la vibration incidente, β et α étant les angles que font respectivement la direction de la vibration réfléchie et la direction de la vibration incidente avec la direction d'indice minimum de la surface polie. On montre aisément que l'on a

$$\operatorname{tang}\beta = \frac{a'}{a}\cdot\frac{b}{b'}\operatorname{tang}\alpha.$$

Les pouvoirs réflecteurs principaux R_1 et R_2 correspondant aux indices n_1 et n_2 étant respectivement égaux aux rapports des carrés des amplitudes, on a, en posant $R_2 : R_1 = \rho$,

$$(2)\qquad \operatorname{tang}\beta = \sqrt{\rho}\operatorname{tang}\alpha.$$

On en déduit

$$(3)\qquad \operatorname{tang}(\beta-\alpha) = \frac{(\sqrt{\rho}-1)\operatorname{tang}\alpha}{1+\sqrt{\rho}\operatorname{tang}^2\alpha}.$$

L'étude des variations de cette fonction montre que $\beta-\alpha$ passe par un maximum $\omega = \beta_m - \alpha_m$, entre 0° et 90°, pour α_m correspondant à

$$(4)\qquad \operatorname{tang}\alpha_m = \rho^{-\frac{1}{4}}.$$

Il est intéressant de noter en comparant (4) et (2) que $\operatorname{tang}\alpha_m = \cot\beta_m$.

Connaissant ρ on calculera donc facilement ω. Or on a vu dans la Note précitée comment ρ pouvait être mesuré directement à l'aide de la cellule

photo-électrique. La relation (4) montre que les positions d'éclairement maximum de la section ne sont pas à 45° des positions d'extinctions, mais qu'elles s'écartent d'autant plus de cet angle que ρ est plus grand, c'est-à-dire que la biréfringence $n_2 - n_1$ est plus grande. La constante ρ donne donc une mesure de l'intensité du *polychroïsme de réflexion* du minéral, et renseigne sur la valeur de sa biréfringence. Voici comme exemple les résultats obtenus pour la stibine et la molybdénite :

	Stibine.			Molybdénite (section parallèle à A^6).		
	ρ.	α_m.	ω.	ρ.	α_m.	ω.
Sur h^1	1,55	41°52'	6°16'	2,25	39°14'	11°32'
Sur g^1	1,21	43.38	2.44	(signe optique négatif)		
Sur p	1,278	43.15	3.30			

Si ρ est mesuré à 0,02 près, ω est connu avec une précision de 10', du même ordre de grandeur que celle obtenue dans la mesure directe de cet angle à l'aide d'un compensateur ([1]).

MINÉRALOGIE. — *Action de la chaleur et de la perte d'eau sur les propriétés optiques de la heulandite.* Note de M. **Paul Gaubert**.

L'action de la chaleur sur les propriétés optiques de la heulandite confirme les résultats relatifs à sa structure, étudiée dans une Note précédente ([2]) et contribue à les mettre en évidence. Les modifications des propriétés optiques dues à l'action de la chaleur et de la perte d'eau (Des Cloizeaux, E. Mallard, C. Klein, F. Rinne, C. B. Slawson, etc.) sont assez variables à cause des anomalies optiques, qui n'ont pas jusqu'ici été prises en considération. J'ai essayé, malgré les difficultés provenant de la structure des cristaux, de déterminer la part revenant à chacun de ces trois facteurs : chaleur, anomalies optiques, perte d'eau.

Les observations ont été suivies au microscope sur des lames de clivage très minces, détachées de petits cristaux, afin de voir les secteurs correspondant aux faces $a^1(\bar{1}01)$, $p(001)$, $o^1(101)$ et disposées sur sa platine chauffante portant un dispositif pour un échauffement et un refroidissement brusques.

([1]) Cf. Ed. Sampson, *Note on the Determination of Anisotropism in Metallic Minerals* (*Econ. Geol.*, 18, 1923, p. 775-777).

([2]) P. Gaubert, *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 829.

Influence de la chaleur seule. — J'ai montré (1) que les différents hydrates des platocyanures d'yttrium, de baryum, etc., chauffés dans un liquide inerte (naphtaline monobromée, paraffine fondue, etc.), perdent leur eau à une température plus élevée que dans l'air. De même le domaine de stabilité de la heulandite, contenant une certaine quantité d'eau, est étendu par immersion dans ces liquides. Ses cristaux peuvent être chauffés jusqu'à 109° environ (il y a de légères différences suivant les gisements et même les secteurs) en conservant toute l'eau qu'ils contiennent à la température de 20°. Par conséquent, au-dessous de 109°, un cristal chauffé dans ces conditions est soumis à l'action de la chaleur seule.

A mesure que la température s'élève, on constate deux effets :

1° La biréfringence de la lame de clivage augmente par suite de l'écartement progressif des axes optiques (le fait est déjà visible à 40° si l'épaisseur de la lame est convenablement choisi) jusqu'au voisinage de 109° (2), c'est-à-dire jusqu'au moment où l'eau commence à se dégager. L'augmentation de la biréfringence n'est pas la même dans tous les secteurs (3).

2° Le plan des axes tourne et la rotation, variable dans les cristaux des divers gisements, est d'autant plus grande que l'angle fait par le plan des axes optiques avec la face $p(001)$ est plus élevé (rotation de 5 à 25°, mais habituellement 8°). La même règle s'applique aux divers secteurs d'un même cristal. Elle souffre toutefois des exceptions dans les deux cas et, parfois même, il n'y a presque pas de rotation.

La préparation étant ramenée à la température ordinaire, le plan des axes ne reprend pas sa position primitive et la biréfringence des secteurs n'est pas la même que celle du début. Le phénomène est rarement réversible et ce fait ne peut être attribué qu'à la modification des anomalies optiques dont l'effet se superpose à celui des propriétés optiques de la substance. On sait que dans la plupart des cristaux (blende, sénarmontite, bromyrite, etc.), ces anomalies disparaissent ou diminuent sous l'action de la température

(1) P. GAUBERT, *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 383.

(2) Les résultats de C. B. Slawson, obtenus avec des cristaux un peu épais chauffés dans l'huile de vaseline, sont comparables aux miens jusqu'à 109°, puisqu'il n'y a pas de perte d'eau contrairement à ce que suppose cet auteur (*Am. Min.*, 10, 1925, p. 315).

(3) Une lame de clivage de heulandite, chauffée à l'air, montre au début, jusqu'à 50°, une élévation de la biréfringence et une légère rotation du plan des axes optiques, l'eau n'ayant pas le temps de se dégager. Avec un chauffage de plusieurs heures, l'uniaxie peut se produire sur les bords déjà à 48° (tension de vapeur $9^{mm},5$).

(R. Brauns, P. Gaubert, etc.). Cette hypothèse est confirmée par le fait que la préparation, chauffée plusieurs fois jusqu'à 109° et refroidie, finit par posséder des propriétés réversibles.

Influence de la perte d'eau. — Pour la déterminer, les cristaux contenant une certaine quantité d'eau ont été examinés à la température ordinaire dans un liquide inerte, afin que le degré d'hydratation reste constant. Jusqu'ici, je n'ai enlevé l'eau que dans la proportion maximum de 3,5 pour 100 correspondant à peu près à celle qui se dégage à 105° dans l'air du laboratoire.

Je veux faire seulement remarquer ici que les modifications sont déjà très grandes avec une perte de 1,80 pour 100, représentant une demi-molécule de H^2O de la heulandite; le cristal est en effet à peu près uniaxe. Avec une quantité plus faible, la biréfringence de la préparation a diminué et, avec 2,2 pour 100, le plan des axes a tourné de 90° par rapport à sa position primitive et l'écartement de ces derniers dépasse 20°. Avec une perte de 3 pour 100 l'écartement est très grand. L'uniaxie ne peut pas exister dans les expériences de Slawson, mais elle est réalisée ici, si elle n'est pas troublée par les anomalies optiques.

Les divers secteurs ne se comportent pas de la même manière, celui qui correspond à la face a^1 devient uniaxe avec une perte d'eau un peu plus faible.

Il résulte de ce qui précède que si l'élévation de la température provoque une certaine rotation du plan des axes optiques et augmente l'écartement de ces derniers, la perte graduelle d'une demi-molécule d'eau rapproche ces axes jusqu'à ce que le cristal soit uniaxe et les fait ouvrir dans un plan perpendiculaire au plan primitif. Par conséquent, les propriétés optiques des cristaux de heulandite, à une température relativement basse, jusqu'à 109°, sont surtout sous la dépendance de la quantité d'eau qu'ils contiennent. Les anomalies optiques jouent aussi un rôle, mais elles ne changent pas le sens du phénomène, elles contribuent surtout à mettre en évidence les secteurs et les bandes.

GÉOLOGIE. — *L'existence du Bétique de Malaga dans la région de Grenade.* Note de M. **Maurice Blumenthal**, présentée par M. Pierre Termier.

Les grands complexes tectoniques reconnus dans la partie occidentale des Cordillères bétiques peuvent être groupés comme suit : 1° à la base, le

dôme de la Sierra Nevada recouvert, au moins partiellement, par 2° les nappes à Trias alpin (Alpujarrides) qui, à leur tour, supportent 3° le Bétique de Malaga, composé de schistes paléozoïques avec couverture incomplète de Permo-Trias (faciès germanique) et de Tertiaire.

Les unités du second complexe ont été désignées comme *nappes bétiques* par M. Brouwer; l'auteur, au contraire et d'accord avec M. R. Staub, préfère limiter ce terme au Paléozoïque de Malaga. Pourtant, en donnant au mot *Bétique* un sens large, il convient de distinguer le Bétique de Malaga et celui de Grenade.

Bien que la succession ci-dessus ne soit pas encore confirmée par des recherches détaillées relatives aux régions comprises entre Malaga et la Sierra Nevada, la superposition du Bétique de Malaga aux Alpujarrides est hors de doute, des considérations générales, des observations tectoniques ainsi que des comparaisons lithologiques en peuvent déjà fournir la preuve. En particulier l'étude des deux coupes ci-après démontre *l'existence du Paléozoïque de Malaga dans la région grenadine* et renseigne sur la position relative des deux Bétiques.

La coupe de la Peluca *a* montre la série qui couronne la carapace du Bétique de Malaga.

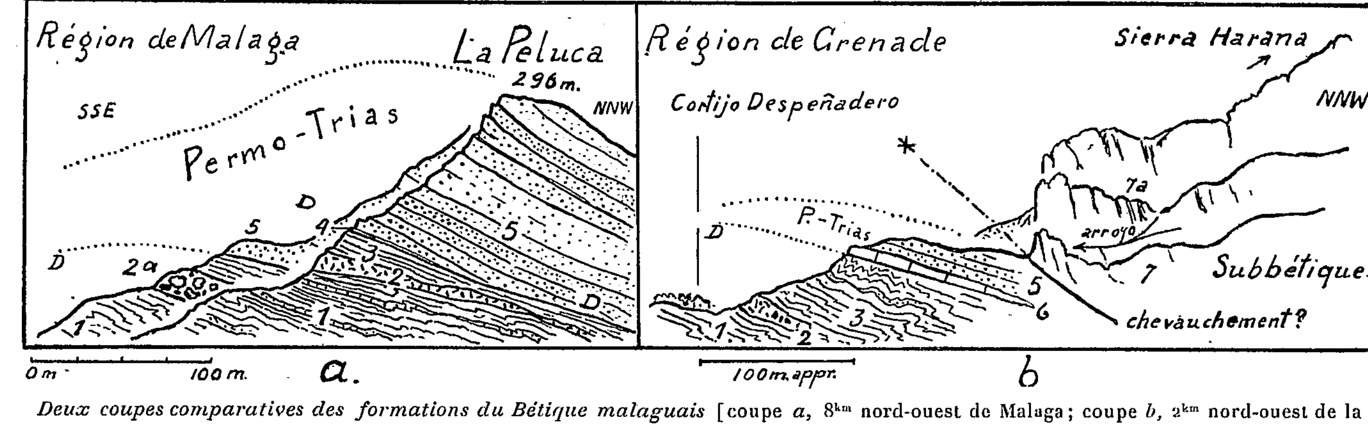
La coupe *b* apporte la solution du problème. Elle a été relevée dans la zone de Cogollos Vega qui s'intercale entre la chaîne subbétique de la Sierra Harana au Nord, et les dolomies des Alpujarrides (Bétique de Grenade) au Sud. Quoique M. van Bemmelen [1] donne une bonne description de cette importante zone, il la considère en totalité comme permotriasique et la réunit à la nappe subbétique qui repose dessus; moi-même je l'avais par erreur liée dans ma synthèse préliminaire [2] à la zone triasique d'Antequera. Des constatations postérieures m'ont permis de reconnaître les schistes de la partie supérieure du Bétique de Malaga comparés dans les coupes ci-contre et supportant le Permo-Trias formé de lambeaux disjoints, en discordance, souvent très difficile à observer. L'analogie de cette disposition stratigraphique avec celle du Bétique malaguais est augmentée par la présence de calcaires éocènes, probablement transgressifs, qui couvrent les schistes anciens près de Diezma [3].

---

[1] R. W. van Bemmelen, *Bijdrage tot de geologie der betische ketens in de provincie Granada*, Waltmann, Delft, 1927, p. 53.

[2] M. Blumenthal, *Versuch einer tektonischen Gliederung der betischen Cordilleren von Central-und Südwest-Andalusien* (*Eclog. geol. Helv.*, 20, 1927, p. 503).

[3] Van Bemmelen, *loc. cit.*, p. 60.



Deux coupes comparatives des formations du Bétique malaguais [coupe *a*, 8^{km} nord-ouest de Malaga; coupe *b*, 2^{km} nord-ouest de la Venta del Molinillo (Grenade-Guadix)]; distance rectiligne entre les 2 coupes, 115^{km}; les couches comparées lithologiquement sont numérotées du même numéro]. 1. alternance de schistes noirs, argileux, arénacés, peu métamorphiques et d'une couleur d'altération vert olive, intercalation de grauwackes; 2, coupe *a*, conglomérat verdâtre, composé de quartz blanc (prép.), schistes noirs siliceux, grès, etc., éléments de la taille d'une noisette, ciment : schisteux, verdâtre, épaisseur 20^{m}; 2 *a*, conglomérat grossier, formé surtout de gros blocs d'un calcaire bleu grisâtre, échinodermique, à sections de brachiopodes; coupe *b*, conglomérat bréchoïde gris verdâtre, composé surtout de grauwackes, contenant quelques rares galets de calcaires bleus, échinodermiques; 3, schistes et grauwackes, 5-8^{m} (coupe *a*), irrégulièrement plissés (coupe *b*); D, discordance, peu apparente à cause de la discordance presque insensible (coupe *a*) ou du plissement intense (coupe *b*); 4, grès fins, verts, argileux; 5, grès rouges, fins ou moyens avec quelques galets isolés; 6, calcaires blancs ou jaunâtres, peu dolomitiques, admettant vers le haut quelques calcaires caverneux; 7, calcaire blanc compact, lité en bancs grossiers, Lias du Subbétique; 7 *a*, série de calcaires ternes, lités alternant avec des couches marneuses, Toarcien à *Pseudogrammoceras* cf. *Saemanni* Dum. sp. (déterm. P. Fallot). Les éléments les plus typiques des parties supérieures du Bétique *s. str.* font défaut dans les deux coupes; ce sont des paquets d'un calcaire bleu foncé noir, presque toujours en lentilles et irrégulièrement plissés (« calizas alabeadas », Culm ou Dévonien). Ils sont néanmoins présents en d'autres points des zones en question.

Retrouvant les schistes du Bétique de Malaga au-dessus du front nord des Alpujarrides à l'est de Grenade, on peut en conclure que *la nappe immense qui embrasse à l'ouest de la Sierra Nevada une surface de quelque* 6000-7000$^{km^2}$ *se prolonge vers l'Est et y chevauche aussi les unités sous-jacentes.*

GÉOLOGIE. — *Le prolongement des nappes cévenoles sur le pourtour occidental du bassin houiller de Saint-Étienne.* Note de M. **A. Demay**, présentée par M. Pierre Termier.

J'ai montré dans des Notes antérieures [1] que l'on pouvait suivre depuis Saint-Étienne jusqu'au Rhône, sur une quarantaine de kilomètres, quatre nappes cristallophylliennes au-dessus du granite et du gneiss granitoïde de base. De nouvelles recherches me permettent de dire dans quelles conditions ces unités se prolongent sur le pourtour occidental du bassin houiller de Saint-Étienne, où les phénomènes d'écrasement et de charriage ont d'ailleurs été signalés dès 1906 par MM. P. Termier et G. Friedel [2].

A l'ouest de Planfoy, le dispositif complexe du massif du Pilat fait place progressivement à un dispositif plus simple. La nappe des Trois-Dents s'amincit et disparaît. Les deux nappes moyennes, Pouyardière et Pilat, s'amincissent également et, par disparition des gneiss œillés intermédiaires, se confondent apparemment en une seule unité. La nappe supérieure ou nappe de Laval se réduit d'abord par disparition des gneiss œillés supérieurs. Puis, entre le Cotatey et Saint-Just-Malmont, elle comprend à sa base sur environ 3^{km} une écaille de granite qui passe, par l'intermédiaire de gneiss à mica noir, aux micaschistes de la nappe et qui est séparée du granite autochtone par les gneiss mylonitiques de la nappe de Pouyardière. Près de Saint-Just-Malmont, cette lentille se termine en biseau et les micaschistes s'écrasent directement sur la nappe de Pouyardière; le dispositif tectonique se trouve ainsi réduit à deux nappes.

A l'ouest de Saint-Just-Malmont les gneiss à mica noir laminés de la nappe de Pouyardière tiennent une place importante jusqu'aux abords de Saint-Ferréol d'Auroure. Ils affleurent dans la vallée de la Gampille au-dessous des micaschistes, qui sont eux-mêmes recouverts par le granite de la Gampille. Réduits à une bande très étroite près du village de Saint-Ferréol

(1) A. Demay, *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 645, 792, 933, 1033.

(2) P. Termier et G. Friedel, *Comptes rendus*, **142**, 1906, p. 1003.

et jusqu'au hameau de la Fayette, ils sont ensuite partiellement masqués par la masse granulitique de la Rivorre et apparaissent de nouveau avec un faciès typique au-dessus des Girards, subhorizontaux, et dominés topographiquement par les micaschistes peu inclinés de la croupe 735.

Ils disparaissent près de la Vaure sous le Houiller. On retrouve encore à l'ouest d'Unieux et jusqu'à hauteur de Roche-la-Molière quelques lambeaux de gneiss à mica noir laminés. Plus au Nord, le Houiller repose sur le granite autochtone, et lorsque au nord du Lizeron reparaît du Cristallophyllien épargné par l'érosion antéstéphanienne, on ne reconnaît plus que la nappe des micaschistes charriée directement sur le granite. La nappe de Pouyardière se termine ainsi en biseau entre cette nappe et l'Autochtone.

A partir de Saint-Just-Malmont, les micaschistes de la nappe de Laval peuvent être suivis tout autour du golfe houiller de Firminy, trace d'un repli synclinal accessoire, puis après des interruptions qui résultent, soit de la granulitisation, soit de l'érosion antéstéphanienne, ils affleurent largement entre le Lizeron, Saint-Just-Malmont et la Fouillouse. Dans l'ensemble la nappe de Laval coïncide ici avec la nappe B de MM. Termier et Friedel (¹), avec la nappe des micaschistes de MM. Friedel et Grandjean (²). L'îlot de micaschistes de la croupe 703 est un lambeau de recouvrement indiscutable de cette nappe.

Dans toute cette région, le charriage de la nappe de Pouyardière et de la nappe de Laval sont démontrés par la forme lenticulaire des éléments tectoniques, par l'existence d'une lentille de granite charriée sur les gneiss mylonitiques de la nappe de Pouyardière, par l'allure recouvrante des nappes que des replis synclinaux et des lambeaux mettent en évidence, enfin par la continuité des phénomènes d'écrasement.

La fausse arkose des travaux souterrains de Montrambert, reconnue comme mylonite par MM. Termier et Friedel en 1906, et les roches analogues qui affleurent plus à l'Ouest, encartées dans les micaschistes, me semblent au microscope des mylonites de gneiss, dont la texture gneissique est plus ou moins effacée par l'écrasement, et qui traduisent, au sommet de la nappe de Laval, le renversement des micaschistes et l'existence d'écailles.

En résumé, lorsqu'on suit sur le pourtour occidental du bassin de Saint-Étienne le complexe tectonique des Cévennes septentrionales on voit la nappe des Trois-Dents s'amincir et disparaître, la nappe du Pilat et la

---

(¹) TERMIER et FRIEDEL, *C. R. somm. Soc. géol. de Fr.*, 4ᵉ Série, 27, 1907, p. 192.

(²) FRIEDEL et GRANDJEAN, *Bull. Serv. Carte géol.*, 20, 1909-1910, p. 500.

nappe de Pouyardière se confondre puis disparaître entre Firminy et Saint-Just-sur-Loire. Au contraire la nappe de Laval ou des miscaschistes se prolonge jusqu'aux terrains tertiaires ou quaternaires du Forez. Entre Montrambert et Firminy, des lames de gneiss mylonitique accusent au sommet de cette nappe l'existence d'écailles que chevauche une nappe encore plus haute, celle de la Gampille.

GÉOLOGIE. — *Nouvelles observations géologiques dans le Labourd (Basses-Pyrénées).* Note de M. **Pierre Viennot**, présentée par M. Pierre Termier.

J'ai montré antérieurement [1] que le massif ancien du Labourd est bordé, non par une couverture régulièrement transgressive de couches secondaires, comme l'indique la feuille de Bayonne, mais par des accidents isolés faisant affleurer localement les terrains secondaires (Trias, Jurassique, Aptien, Albien) au milieu du Flysch du Crétacé supérieur, qui est généralement en contact direct avec les roches anciennes métamorphisées. Mes récentes explorations détaillées en vue de la revision de la feuille géologique *Bayonne* m'ont permis de vérifier que ces accidents, très aberrants, sont, comme le grand croissant Armendarits-Hasparren, des *extrusions* [2] caractérisées par les relations isoclinales du Flysch et des couches plus anciennes, qui surgissent brusquement et sont sectionnées transversalement avec l'apparence d'un passage latéral très brutal au Flysch. Ces accidents sont encore plus découpés et plus morcelés que sur ma carte de thèse. J'ai découvert un petit pointement de calcaire jurassique au moulin de Saldionde (1^{km} nord-ouest d'Hasparren). Près de la maison Yellocia, ce calcaire surgit encore en deux affleurements très exigus. Les contours de l'extrusion plus occidentale (3^{km} ouest d'Hasparren), qui intéresse des marnes et calcaires jurassiques de direction est-ouest, sont particulièrement capricieux.

D'Urcuray à Espelette se développe un accident plus étendu, et lui aussi très aberrant : à Urcuray surgit une masse de calcaires et de marnes juras-

---

(1) P. Viennot, *Recherches structurales dans les Pyrénées occidentales françaises* (*Bull. Carte géol. Fr.*, **30**, 1926-1927, p. 151-418).

(2) P. Viennot, *Sur les « extrusions », accidents spéciaux et très aberrants qui jalonnent le bord des Pyrénées françaises* (*Comptes rendus*, **186**, 1928, p. 1137-1139).

siques, séparée du massif ancien par une mince bande de Flysch crétacé qui disparaît vers la maison Ahardoya, de sorte qu'à partir de là et jusqu'à Espelette, la série secondaire, largement oblitérée par des cailloutis pliocènes, paraît être au contact direct du Paléozoïque. J'ai été amené à modifier dans ce secteur les contours que j'avais antérieurement établis : en effet, avec la collaboration des élèves qui m'accompagnaient (Mlle Alimen, MM. Marie et Yangkieh), j'ai pu trouver quelques fossiles déterminables dans des marnes que Seunes (sur sa carte de thèse) et moi-même avions attribué au Flysch : à l'est d'Espelette, au nord de la bande calcaire du Jurassique moyen, nous avons trouvé, le long de la route d'Espelette à Cambo, un horizon marneux contenant des fossiles aptiens : *Exogyra aquila, Toxaster* cf. *Collegnoi*, ... ; au sud de cette bande calcaire, dans un affleurement très localisé au milieu du Pliocène, et rafraîchi par des travaux récents, à 200^m au nord-ouest de la maison Ithuraldia, des marnes jaunes altérées nous ont fourni : *Cycloceras Maugenesti* d'Orb., *Schlotheimia Laigneleti* d'Orb., *Echioceras* cf. *raricostatum* Zieten, *Pentacrinus* sp., correspondant aux couches de passage du Lias inférieur au Lias moyen ([1]). Ainsi, dans l'ensemble, *les extrusions intéressant les terrains secondaires du Labourd jalonnent une ligne anticlinale qui se rapproche du massif ancien lorsqu'on se déplace vers l'Ouest à partir d'Armendarits, et qui arrive vers Espelette au contact direct de celui-ci.*

Les rapports entre le massif ancien et les couches les plus récentes sont partout anormaux. En aucun point, on ne voit de conglomérat à la base du Flysch, qui se montre en contact brutal avec le complexe cristallophyllien, essentiellement constitué par des gneiss grenatifères affectés d'un pendage moyen de 20° à 25° au Sud. Des lames répétées de Trias et de Paléozoïque s'observent au nord d'Itxassou et au sud d'Espelette. Les schistes carbonifères sont intensément broyés entre Espelette et Sare ; ils constituent une ligne de collines, dominant la plaine de Flysch au Nord et au Sud, et ils dessinent une bande dont la terminaison, sur le méridien de Sare, est très intéressante. J'en ai relevé la carte au $\frac{1}{20000}$. Le contour du Carbonifère labourdin, constitué de schistes à filons de quartz et de lydiennes attribuables au Dinantien, prend en écharpe la série de la Rhune, composée de Stéphanien (schistes à plantes), de Permien (schistes rouges avec épanchements andésitiques), de Trias inférieur (conglomérats et grès quartzeux,

([1]) M. H. Douvillé a bien voulu préciser la détermination de ces fossiles liasiques.

argilites), de Keuper (argiles bariolées avec ophite), de Lias supérieur (calcaires et marnes fossilifères) et d'Albien (grès et schistes noirs); cette série plonge régulièrement au Nord sous un angle qui, au nord de Sare, varie de 20° à 40°. Le Lias réapparaît en un dôme régulier au fond du ravin d'Amots, dominé de toute part par l'Albien qui s'enfonce *vers l'Est* sous le Carbonifère du Labourd avec un angle de 15°. De plus, un témoin isolé, grossièrement elliptique, de lydiennes et schistes carbonifères broyés se montre au nord-ouest de Sare, bordé au Sud par les argilites triasiques affectées d'un plongement septentrional régulier de 20° à 25°, et au Nord par le Keuper ophitique, qui repose visiblement et régulièrement sur les argilites vers l'Ouest (Saint-Ignace). Il ne me semble donc pas possible d'interpréter ce témoin autrement que comme *un lambeau supporté par la série triasique de la Rhune, et séparé par l'érosion de la masse paléozoïque principale, elle-même en recouvrement.*

Actuellement encore, l'interprétation du massif ancien du Labourd en une nappe chevauchant sur les terrains plus récents me paraît celle qui s'accorde le mieux avec les faits d'observation que je viens de préciser, et dont tout essai de synthèse devra tenir compte.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur la faune des calcaires cambriens de Sidi Mouça d'Aglou, près de Tiznit (Sud marocain).* Note de MM. **Jacques Bourcart** et **Guy Le Villain**, présentée par M. H. Douvillé.

Au cours d'une exploration de la bordure méridionale du Sous, l'un de nous (Jacques Bourcart) (¹) a eu l'occasion de recueillir des *Archæocyathus* dans les calcaires bleus qui forment les falaises le long du rivage de l'océan, à partir de Sidi Mouça. Sur ces calcaires reposent, à Sidi Ouaggag, des grès schisteux à chlorite et ciment calcaire; plus à l'Est encore, au pont de l'Oued Massa, sur la piste de Tiznit à Agadir, on observe des schistes noirs et des phtanites à Radiolaires qui semblent faire suite normalement aux grès à chlorite.

Tout cet ensemble, autrefois considéré par Brives et ses successeurs comme *Cénomanien*, doit être rangé dans le Cambrien. On peut comparer les phtanites et les schistes qui affleurent dans l'oued Massa aux schistes

(¹) Jacques Bourcart, *Découverte de Cambrien à* Archæocyathus *dans l'Anti-Atlas marocain* (*C. R. sommaires Soc. Géol. de France*, 1-2, 1927, p. 10-11).

noirs à *Paradoxides mediterraneus*, découverts dans les Djebilet par M. Barthoux qui, comme l'ont montré récemment MM. Roch [1] et Russo [2], surmontent des calcaires à Archéocyathidés.

Les calcaires bleus de Tiznit contiennent une faune très abondante d'Archéocyathidés, à l'exclusion de tout autre fossile. Nous avons pu, grâce à une mission qui nous était confiée par le Dr Liouville, directeur de l'Institut scientifique chérifien, recueillir en abondance de nouveaux matériaux que nous avons étudiés en commun.

Une partie des échantillons est presque exclusivement constituée par des *Archæocyathus Ajax*, dont les cavités centrales sont souvent remplies d'une arkose feldspathique à ciment de calcite. D'autres blocs contiennent presque exclusivement des *Coscinocyathus*, enfin quelques-uns ne montrent que de rares individus conservés d'*Archæocyathus retesepta*.

Nous avons pu jusqu'ici reconnaître les espèces suivantes :

Archæocyathus (Billings) : *A. Ajax* Taylor, *A. Sellicksi* Taylor, *A. retesepta* Taylor, *A.* cf. *stapipora* Taylor, *A.* sp.

Etmophyllum (Walcott) : *E. profundum* Billings = *Archæocyathus profundus* Taylor.

Coscinocyathus (Bornemann) : *C. elongatus* Bornemann, *C.* cf. *calathus* Born. *C.* sp.

Protopharetra (Bornemann) : *P.* sp.

Nous avons en outre observé des organismes indéterminés, circulaires et sans septa.

Toutes les formes citées, à l'exception de *Coscinocyathus elongatus* et d'*Etmophyllum profundum* se trouvent dans les calcaires géorgiens du sud de l'Australie (Taylor); *C. elongatus* a été trouvé par Bornemann dans des calcaires de Sardaigne, considérés autrefois comme géorgiens par Frech et que maintenant Gortani [3] pense être acadiens; quant à l'*Etmophyllum*, Walcott l'a cité dans les couches à *Olenellus* de l'Anse au Loup (Labrador). *A. Ajax* et *A. Sellicksi* ont été recueillis par M. Roch dans les Djebilet sous les couches acadiennes à *Paradoxides mediterraneus*.

---

(1) E. Roch, *Sur l'extrémité occidentale des Djebilet (Maroc)* (*Comptes rendus*, 185, 1927, p. 137).

(2) P. Russo, *Sur la présence d'Archæocyathidés dans le Djebel Ighoud (Djebilet, Maroc occidental)* (*Comptes rendus*, 185, 1927, p. 138).

(3) Gortani, *La serie paleozoïca delle Alpi Carniche e nella Sardegna* (*C. R. XIVe Congrès géologique int. Madrid*, 1924, II, p. 713-718).

On peut donc penser que les calcaires de Tiznit représenteraient la base de l'Acadien, ou plutôt le Géorgien. Leur position stratigraphique relative paraît du reste identique à celle des calcaires analogues du Haut-Atlas marocain (région du Goundafi), où M. L. Neltner vient de découvrir aussi une faune d'Archéocyathidés [1].

Depuis que l'un de nous a découvert le gisement de Tiznit, où pour la première fois en Afrique étaient reconnus des *Archæocyathus*, des faunes analogues ont donc été retrouvées dans le Haut Atlas et les Djebilet (nord-ouest de Marrakech). Ce facies reste encore inconnu dans la Méséta marocaine où pourtant l'Acadien et le Potsdamien sont largement développés, mais par contre il est bien possible que les schistes argileux, contenant de grands bancs de calcaires marmoréens, qui forment la base de la série primaire de Ceuta représentent l'équivalent des couches de Tiznit.

CHIMIE AGRICOLE. — *Fertilisation des sols pauvres en calcaire. Essais comparatifs de divers carbonates.* Note [2] de MM. **Gustave Rivière** et **Georges Pichard**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Nos expériences, commencées en 1925, ont été entreprises à la Martinière (S.-et-O.) et à Versailles. Des carbonates de calcium, de magnésium, de sodium et de potassium ont été employés en quantités équimoléculaires dans le but de provoquer dans le sol une alcalinisation de même ordre. Ils ont été incorporés à chacune des parcelles de nos champs d'essai le 25 septembre 1925. Et le semis de la céréale, qui dans la circonstance fut du blé (var. Oscar Benoit), eut lieu le 3 novembre suivant. Voici les résultats que nous avons obtenus sur des parcelles d'un are :

Nature des carbonates.	Quantités appliquées.	Rendements en grain.
	kg	kg
Carbonate de calcium	6,4	34
Carbonate de magnésium	5,4	35
Carbonate de sodium	7	38
Carbonate de potassium	9	35
Témoin	néant	20

(1) L. Neltner, *Sur la géologie du pays Goundafa* (*Haut Atlas marocain*) (*Comptes rendus*, 186, 1928, p. 707).

(2) Séance du 26 novembre 1928.

Nous avons repris ces essais en 1927, à la Martinière et à la Boissière, en opérant sur de l'avoine et dans des sols qui, malgré leur composition différente, présentent néanmoins des caractères communs : ils sont tous deux pauvres en chaux et sont encore alcalins. Quant à leur teneur en acide phosphorique et en azote, elle est de même ordre; mais à la Martinière on rencontre plus d'argile qu'à la Boissière, donc plus de potasse (¹).

Les résultats que nous avons obtenus sont les suivants :

PARCELLES DE 20$^{m^2}$ PAR SÉRIES DE 5.

Nature des carbonates.	Quantités appliquées sur 20$^{m^2}$.	Récolte (en grain) sur 20$^{m^2}$.	Récolte (en grain) rapportée à l'are.
Ferme de la Martinière (avoine Mansholt).			
	kg	kg	kg
Ca	1,280	6,90	34,5
Mg	1,080	7,00	35,0
Na	1,400	7,16	35,8
K	1,800	6,70	33,5
Témoins	néant	6,00	30,0
		Moyenne de 5 parcelles chaque.	
Ferme de la Boissière (avoine von Lochow).			
Ca	1,280	7,16	35,8
Mg	1,080	7,00	35,0
Na	1,400	7,40	37,0
K	1,800	6,70	33,5
Témoins	-	6,20	31,2
		Moyenne de 5 parcelles chaque.	

On constate que tous les carbonates que nous avons employés ont élevé les rendements des récoltes, parfois même très notablement, par rapport

(¹)

	La Martinière (limon des plateaux).	La Boissière (sable de Fontainebleau).
pH	7,2 °°/₀₀	7,2 °°/₀₀
Azote	1,90 »	1,82 »
Acide phosphorique P^2O^5	0,90 »	0,86 »
Potasse (en K^2O)	9,00 »	2,10 »
Carbonate de calcium (en CO^3Ca)	1,60 »	1,40 »
Oxyde de manganèse (en MnO)	0,06 »	0,04 »

aux témoins, mais que c'est le carbonate de sodium qui, *dans tous les cas*, s'est montré le plus actif.

Nous ne pouvons affirmer que son action se soit bornée, de même que celle des autres carbonates, à favoriser la nitrification en modifiant la réaction de ces sols, trop faiblement alcalins, car les autres carbonates auraient dû agir aussi efficacement, étant donnée que le nombre d'ions basiques apportés a été le même sur toutes les parcelles.

Nous sommes donc conduits à admettre que le sodium a été, dans la circonstance, un véritable engrais.

Rapprochant ces résultats de ceux que l'un de nous (G. Rivière, *Conférences agricoles*) a obtenus dès 1882 en comparant l'action du nitrate de sodium à celle d'un poids égal de sulfate d'ammonium, de ceux qui nous ont été fournis par les témoins de nos essais comparatifs entre l'efficacité de l'azote nitrique employé seul (à l'état de nitrate de sodium) et l'azote ammoniacal en présence de stérilisants partiels du sol (*Comptes rendus*, 1925), enfin des récentes recherches de M. Gabriel Bertrand démontrant la présence du sodium dans les plantes terrestres, nous nous permettrons d'avancer que c'est, vraisemblablement, à la nitrification plus facile des réserves d'azote contenues dans le sol, d'une part, et aux exigences en sodium des plantes en expériences, d'autre part, que nous devons les excédents de récoltes que nous avons obtenus, ce qui revient à dire à la supériorité d'action du carbonate de sodium sur les autres carbonates employés comparativement.

ENTOMOLOGIE. — *Nouvelle contribution à l'étude de l'anolocyclie chez les Aphidés.* — Forda formicaria *Heyden et sa forme anolocyclique.* Note [1] de M. **A. Mordvilko**, présentée par M. P. Marchal.

Ce n'est qu'en septembre-octobre de l'année courante que j'ai réussi à établir que les *Forda formicaria* Heyden (1837), qui vivent sur les racines des Graminées, sont des exilés du « *Pemphigus* » *semilunarius* Pass. (1856). J'avais d'abord rapproché le *P. semilunarius* d'un autre puceron radicicole, le *Hemitrama bykovi* Mordv., en faisant toutefois remarquer déjà que chez ce dernier la forme du rhinarium primaire du dernier article des antennes diffère légèrement de celle du rhinarium des embryons des émigrants du *P. semilunarius* (*Mém. Soc. zool. Fr.*, 1927, p. 66).

(1) Séance du 26 novembre 1928.

Grâce à l'obligeance de M. G. Tregouboff, j'ai reçu à la fin de septembre et au commencement d'octobre une quantité de galles fraîches de *P. semiunarius* (de *Pistacia terebinthus*) de Villefranche-sur-Mer (près de Nice), et j'ai pu procéder à l'élevage de la descendance des émigrants ailés sur les racines d'*Agropyrum*, *Dactylus*, *Deshampsia*, *Poa* et autres Graminées. Les larves se nourrirent par succion en bas des tiges (ainsi que sur les rhizomes pour *Agropyrum*) et se développèrent; mais en même temps elles prirent une couleur vert pâle et quelques autres particularités du *Forda formicaria* :

Voici ces caractères : chez les individus ainsi élevés, le rhinarium du dernier (cinquième) article de l'antenne a la forme d'un étroit demi-cercle, entourant l'article transversalement (la largeur de l'arc est à sa longueur comme 2 est à 7-9 chez les nouveau-nés et chez les jeunes; elle est comme 3-5 est à 8-9 chez les adultes); la longueur de l'arc est égale au diamètre de l'article ou même plus longue; des poils assez longs et fins couvrent les extrémités et aussi la tête et le thorax, mais sur l'abdomen ils sont beaucoup plus courts et peu visibles. Les nouveau-nés sont de différentes dimensions : les jeunes stades (0,56-0,60 jusqu'à $0^{mm},96$ de longueur) ont le quatrième article de l'antenne plus court que le cinquième et l'antenne elle-même est comme chez les jeunes du *F. formicaria* radicicole; chez les plus gros ($1,02-1^{mm},14$) les antennes sont extraordinairement longues ($0,80-1^{mm}$), presque aussi longues que chez les adultes, et la longueur absolue des articles est la même. Dans ce dernier cas, les quatrième et cinquième articles sont presque égaux. En 4 à 5 semaines les nouveau-nés deviennent adultes ($1,8-2^{mm},65$, les antennes $0,89-1^{mm},14$) et commencent à leur tour à produire la nouvelle génération.

J'ai distingué antérieurement une autre forme, très voisine du *F. formicaria* : le *F. viridis*. Les adultes de cette dernière atteignent une grandeur plus considérable ($2,5-3^{mm},1$) que le *F. formicaria* ($2-2^{mm},6$ et rarement presque 3^{mm}); ils ont d'assez longs poils non seulement sur la tête et le thorax, mais aussi sur l'abdomen; le dernier article des antennes est ordinairement un peu plus long que l'avant-dernier, mais il lui est parfois presque égal. Cependant les jeunes et les nouveau-nés sont très semblables à ceux du *F. formicaria*. Il est possible, comme je le crois à présent, que le *F. viridis* est seulement une forme un peu aberrante du *F. formicaria*. Le *F. formicaria* typique est répandu dans toute l'Europe et la Sibérie, au moins jusqu'au Baïkal. Quant à *F. viridis*, j'en ai un petit nombre d'exemplaires provenant de Varsovie, de Poltava, d'Irkutsk, des sources de la Léna et de la province d'Oussouri. Il est probable que le *F. occidentalis* Hart. de l'Amérique du Nord est une forme identique à *F. viridis* ou même à *F. formicaria*.

---

(1) *Rendiconti d. R. Accademia Lincei* (*Cl. di. Sc. fis.*), 5e série, 21, XII, 1912, p. 809-814.

Dans tous les pays où existe le *Pistacia terebinthus*, le *Forda formicaria* est une forme holocyclique et sur les racines des Graminées on y rencontre ordinairement les exilés, provenant immédiatement des émigrants. Ainsi Dina Lombardi ([1]) aux environs de Rome avait évidemment affaire aux exilés de *Forda formicaria*, vivant sur les racines du froment et de l'avoine, et qui devaient provenir des émigrants; c'est pour cette raison que l'infection des semailles d'automne avait lieu en octobre, ce qui correspond à l'époque où les émigrants sortent des galles, et d'autre part tous les ailés, qui apparaissaient sur les racines depuis la fin de mars, étaient des sexupares, dont la destinée devait être de se porter sur les troncs des Pistachiers, et non sur les Graminées. Aux environs de Varsovie on remarquait exceptionnellement des *Forda formicaria* ailés (au commencement de juin) donnant naissance à une descendance mixte : en partie des sexués sans rostre et en partie des asexués, c'est-à-dire qu'il y avait à côté des ailés virginipares des ailés sexupares; mais en général dans les localités, où les *Pistacia* sont absents, presque tous les *F. formicaria* ailés sont des virginipares, et le *F. formicaria* lui-même est une forme anolocyclique.

La distribution de *F. formicaria* anolocyclique permet de juger de la distribution du *Pistacia terebinthus*, son hôte primaire, à l'époque tertiaire. Que ce *Pistacia* était répandu à l'Est au moins jusqu'au Baïkal, c'est ce que témoignent d'autres *Fordea*, qui ont pu persister dans cette région après la disparition du *P. terebinthus* : *Paracletus cimiciformis* (trouvé aux environs de Barnaoul) et *Geoica utricularia* Pass. ([1]) (trouvé au environs d'Omsk). Si le *Forda occidentalis* de l'Amérique du Nord est vraiment le *F. formicaria* Heyd., on doit supposer que le *Pistacia terebinthus* (ou le type dont il dérive) existait aussi à l'époque tertiaire dans l'Amérique du Nord. Mais dans ce cas on s'explique difficilement l'absence en ce pays du *Paracletus cimiciformis*.

([1]) En septembre-octobre de l'année courante, j'ai établi aussi, que les *Geoica* des racines des Graminées (*Agrostis* etc. : Europe, Sibérie occidentale, Amérique du Nord) sont des exilés de *Pemphigetum utricularium* Pass. (et de l'espèce très voisine *P. muticæ* Mordv.) ou correspondent à sa forme anolocyclique (voir *C. R. de l'Acad. Sc.*, A., Leningrad, 1928).

HISTOLOGIE. — *Production expérimentale de tissu conjonctif par les amœbocytes chez* Doris tuberculata *L.* ([1]). Note de M. **Alphonse Labbé**, présentée par M. Joubin.

On sait l'intérêt que présentent les cultures de tissus pour l'étude de la cancérisation; mais un autre procédé a été récemment utilisé, qui est susceptible de donner des résultats aussi importants; c'est la vieille méthode de Metchnikof, d'introduction de corps étrangers dans les tissus vivants, méthode reprise par Maximow et ses élèves chez les Mammifères, et qui, chez les Invertébrés, n'a été jusqu'ici que rarement employée. J'ai recherché, pour diverses raisons, ce qu'elle donnerait chez les Mollusques, sur lesquels on ne trouve guère que les recherches récentes de Drew et de Morgan ([2]) chez *Pecten;* de Kedrowsky ([3]) et de Zawarzin ([4]) chez *Anodonta;* de Jullien chez *Sepia* ([5]).

Je me bornerai, dans cette Note, à résumer brièvement les phénomènes réactionnels consécutifs à l'introduction aseptique de stylets de celloïdine dans le manteau d'un Gastéropode marin, *Doris tuberculata*.

Les réactions commencent aussitôt après l'opération par l'accumulation progressive des amœbocytes hyalins ([6]), basophiles et acidophiles dans les tissus avoisinant le corps étranger; on peut distinguer des phénomènes *locaux* et des phénomènes *généraux*. Nous ne nous occuperons ici que des

([1]) Travail du Laboratoire de Biologie marine du Croisic.

([2]) Drew and W. de Morgan, *The origin and formation of fibrous tissue produced as a reaction to injury in Pecten maximus as a type of Lamellibranchiate* (*Quart. Journ. micr. Sc.*, 55, 1910, p. 209).

([3]) B. Kedrowsky, *Reaktive Veränderungen in den Geweben der Teichmuschel (Anodonte) bei Erführung von sterilem Zelloïdin* (*Virchow's Arch.*, **257**, 1925, p. 815).

([4]) A. Zawarzin, *Ueber die entzündliche Neubildung von Bindegeweben bei der Teichmuschel* (Anodonta anatina *L.*) (*Z. mikr. Anat. Forsch.*, 6, 1926, p. 508).

([5]) Jullien, *Sur la transformation des cellules sanguines de la Seiche au cours des réactions inflammatoires aseptiques* (*Comptes rendus*, **186**, 1928, p. 526).

([6]) Je ne distingue les éosinophiles des basophiles qu'à l'état de granulocytes. Kollmann avait déjà observé qu'il y a toutes les gammes de transition entre la basophilie et l'acidophilie dans les amœbocytes hyalins. En revanche, ce dernier auteur nie l'existence des granulocytes chez les Gastéropodes : ils sont cependant aussi nombreux chez *Doris* que chez *Anodonta*.

premiers qui se produisent dès la première heure après l'opération. Ce sont :

1° L'adhésion des amœbocytes hyalins (basophiles et amphophiles) au stylet de celloïdine sur lequel ils s'étalent (*Tigèmocytose* de Tait). Puis l'agglutination partielle de ces amœbocytes en cellules géantes, en masses plasmodiales irrégulières qui subissent en partie et dès le début une nécrobiose autolytique avec pycnose et caryorhexis. A partir de la 60e ou 70e heure, toutes les cellules mobiles du sang et du tissu conjonctif participent au processus (granulocytes éosinophiles, cellules à pigment jaune, cellules excrétrices). On y trouve même des cellules de Langer. C'est, en partie, la couche *dégénérative* de Zawarzin (disons plutôt zone *phagocytaire*, car ce n'est pas une couche continue, mais une accumulation irrégulière de masses plasmodiales et d'amœbocytes accolés ou agglutinés.

2° En même temps, et dès les premières heures, s'organise une couche cellulaire interne fixée autour du canal qui entoure l'inclusion. Celle-ci est constituée comme la précédente par des amœbocytes hyalins, mais qui passent à l'état quiescent [1] et se transforment en cellules fusiformes, allongées, à noyau longuement ovoïde, à cytoplasme libre d'inclusions, anastomosés entre eux et dont le grand axe est parallèle ou oblique par rapport au stylet de celloïdine (*fibroblastes-desmoblastes* de Chlopin et Zawarzin). Dès les premiers jours, ils forment des strates qui deviennent plus nombreuses par la suite. En même temps, ils se différencient en fibrilles conjonctives, qui, au bout de huit jours, sont assez nombreuses. L'étirement des amœbocytes actifs et l'allongement de leurs noyaux s'accusent déjà à une certaine distance de la zone néoformée. Celle-ci s'accroît par apport de nouvelles cellules mobiles, mais aussi par division amitotique. (Jamais par mitose.)

Ces deux zones, phagocytaire et fibroblastique, ont été vues par les observateurs qui ont fait des expériences analogues (Kedrowsky, Zawarsin et ses élèves, Jullien; ce dernier n'a pas observé chez la Seiche la transformation des fibroblastes en fibrilles conjonctives). Mais il est une troisième zone, occasionnelle, il est vrai, qui n'avait pas été vue jusqu'ici;

3° Cette troisième zone se forme en union avec la zone fibroblastique, et entre elle et la zone phagocytaire, sous la forme d'une couche cellulaire irrégulière, plus épaisse en certains points et qui n'est pas constante; elle forme un feuillet d'apparence épithéloïde, uni à la couche fibroblastique, où les amœbocytes agglutinés ou non entre eux ne se sont pas transformés en fibroblastes. Le cytoplasme alvéolaire et vacuolaire, plutôt basophile, à noyaux sphériques, est parfaitement délimité vers l'extérieur par une mince pellicule; on y observe très rarement des noyaux pycnotiques. Nos expériences n'ayant pu être continuées plus d'une dizaine de jours, par suite de la mort des Doris, nous ignorons le sort ultérieur de cette zone qui reste indifférenciée jusqu'au neuvième jour.

Nos résultats, qui diffèrent dans les détails de ceux observés par les

(1) E. FAURÉ-FREMIET, *Les amoebocytes des Invertébrés à l'état quiescent et actif* (*Arch. Anat. micr.*, 23, 1927, p. 99).

auteurs russes, se sont montrés assez irréguliers suivant les animaux opérés. D'autre part, les processus sont rapides les premières heures, se ralentissent ensuite, soit dans une zone, soit dans une autre, pour s'accentuer à nouveau vers la 100e heure. Ils me paraissent, en tout cas, beaucoup plus précoces que chez l'Anodonte russe, ce qui peut être attribué à la température élevée de l'été 1928.

HISTOLOGIE. — *Essai de classification des variétés de Dentine chez les Poissons.* Note de M. **J.-J. Thomasset**, présentée par M. Cayeux.

Bien que des classifications du tissu mésoblastique dentaire aient été établies, après Owen, par Ch. Tomes et Röse, une certaine confusion règne souvent chez les auteurs. Il nous a semblé, après une étude histologique de nombreuses dents de poissons fossiles et actuels, que l'on pouvait utilement reviser et compléter cette classification. Nous n'envisagerons pas ici les tissus complexes que l'on rencontre dans certaines plaques dentaires (*Chimère*, *Protoptère*, *Diodon*).

Tout d'abord, à l'exemple de Röse, on doit rejeter, du moins comme variété particulière, la *plici-dentine* de Ch. Tomes. En effet, cette variété est basée sur la disposition du tissu et non sur sa structure intime. De plus Ch. Tomes range dans cette catégorie un tissu tout à fait différent qui constitue les dents en pavés de *Myliobatis* et qui n'a rien de commun avec le type de la plici-dentine pris chez *Lepidosteus*. L'aspect plissé se rencontre dans diverses variétés de dentine et souvent il est localisé à certaines régions de la dent. Il n'y a donc pas lieu de faire de la plici-dentine une variété; et ce terme prête à confusion puisqu'il s'applique à plusieurs tissus qui se classent dans d'autres catégories.

Cette réserve faite, nous suivrons dans ses grandes lignes la classification de Ch. Tomes en la complétant. Nous distinguerons six variétés.

La dentine la moins spécialisée est l'*ostéo-dentine* qui est souvent à peu près identique à l'os. Elle ne contient pas de cellules, mais cette particularité se retrouve dans beaucoup d'os de poissons. Elle est caractérisée par des canalicules fins qui partent des canaux osseux et plongent dans la substance interstitielle sans s'anastomoser. Ils sont souvent groupés en faisceaux figurant de véritables panaches.

Par régularisation de ses éléments (canaux ou canalicules) l'ostéo-dentine passe insensiblement aux autres variétés qui semblent toutes dérivées de ce tissu primitif. En suivant cette régularisation on peut distinguer :

1° Variété osseuse non différenciée, canaux branchus, de calibre variable (Squales, quelques Téléostéens)..................................... OSTÉO-DENTINE.

2° Canaux régularisés dans leur marche et leur calibre et purement vasculaires, formant des boucles. Pas de canalicules. Il y a une cavité pulpaire ouverte (Téléostéens).. VASO-DENTINE.

Canalicules régularisés :

3° Les canalicules régularisés partent soit des canaux périphériques d'un noyau d'ostéo-dentine (Lamnidés), soit d'un canal osseux constituant une cavité pulpaire close (Carchariidés).. PSEUDO-DENTINE.

4° Tissu formé d'un ensemble de systèmes accolés (comparables chacun à la variété précédente), comprenant un canal pulpaire avec canalicules. Dents larges, vraisemblablement composées (Myliobates, Psammodontes, Cochliodontes, Ceratodus). SYNDENTINE.

5° Canalicules à branches courtes partant à angles droits, très régularisés en direction et en calibre autour d'une cavité pulpaire ouverte (Ganoïdes, Téléostéens, Reptiles, Mammifères)...................................... ORTHO-DENTINE.

6° Canalicules souvent peu distincts, tissu d'aspect fibreux, polymorphe, situé autour d'un massif osseux et non d'une cavité pulpaire (Squales)....... FIBRO-DENTINE.

La dentine forme un tout homogène, mais des formes de passage existent. L'origine des différentes variétés est la même, puisque les odontoblastes ne sont que des cellules osseuses spécialisées.

La pseudo-dentine a été décrite jusqu'alors comme véritable dentine. La syndentine semble bien être un tissu résultant de plusieurs germes, ainsi qu'il a été dit; d'ailleurs elle se rencontre chez *Ceratodus* dont les dents sont composées.

Enfin la fibro-dentine, qui a été considérée comme émail et comme dentine, est vraisemblablement d'origine mixte. Elle constitue un tissu de revêtement et fait ainsi transition, par sa morphologie et son développement, avec l'émail.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Contribution à l'étude de l'oxydation sulfochromique des substances carbonées. Méthode générale de microdosage du carbone par voie humide.* Note de M. **André Boivin**, présentée par M. A. Desgrez.

On peut suivre aisément l'oxydation sulfochromique des corps carbonés en utilisant la méthode et l'appareil de Nicloux [1] pour le microdosage du

(1) Maurice Nicloux, *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 890, et *Bull. Soc. Chim. biol.*, 9, 1927, p. 639-677. Ce dernier Mémoire contient la bibliographie.

carbone. La substance, pesée à la microbalance, est attaquée, dans le vide, par le mélange sulfochromique : l'acide carbonique est recueilli dans la potasse, précipité à l'état de CO^3Ba et, finalement, déterminé par alcalimétrie, pendant que l'oxyde de carbone est dosé par microeudiométrie dans les gaz extraits de l'appareil.

Tandis que nombre de substances, la plupart difficiles à brûler (cholestérine, carbazol, etc.) ne donnent jamais d'oxyde de carbone, beaucoup d'autres, par contre, peuvent en produire d'importantes quantités. C'est le cas, par exemple, pour le glucose, dont un cinquième du carbone, environ, se retrouve sous cette forme. L'adjonction de SO^4K^2, SO^4Na^2, de sels de Ag, Cu, Hg, Fe, Co, Ni, Pt, d'oxydants tels que IO^3K, NO^3Na, ClO^3K n'amène généralement pas de changement marqué. La température à laquelle se fait l'attaque n'a pas non plus d'action sensible sur le dégagement d'oxyde de carbone qui souvent se produit déjà à froid. Dans le cas de la plupart des corps solubles dans l'eau, il est pourtant un moyen de supprimer de façon presque totale la production de l'oxyde de carbone : on dissout la substance dans quelques gouttes d'eau, on ajoute un grand excès de sulfate de sodium anhydre et l'on dessèche dans le vide le magma obtenu. La substance, ainsi répartie par évaporation sur une grande surface, subit généralement une oxydation complète en CO^2, sous l'action du mélange chromique. Cela explique les bons résultats obtenus par Nicloux qui, dans son microdosage du carbone, et pour des raisons autres, a conseillé l'emploi systématique du sulfate de soude. Toutefois une technique absolument générale de dosage du carbone doit tenir compte d'une production éventuelle d'oxyde de carbone et l'on verra plus bas comment j'ai résolu le problème.

Disons tout d'abord que Simon, dans la minutieuse étude qu'il a faite de l'oxydation sulfochromique en présence du bichromate d'argent comme catalyseur, n'avait pas eu à se préoccuper de ce gaz, la quantité de carbone étant calculée d'après le *volume* de $CO^2 + CO$ dégagé.

Je dois signaler cependant qu'en l'absence d'argent et à 100°, on peut généralement, en prolongeant l'attaque durant des heures, arriver à un dégagement quantitatif de $CO^2 + CO$. On arrive souvent encore au même but, toujours sans argent mais alors très rapidement, en opérant à la température d'ébullition du mélange chromique, et l'on peut ainsi par exemple brûler correctement l'acide acétique. Cependant, à cette température élevée, l'acide chromique se décompose complètement en quelques minutes, avec dégagement d'oxygène et les corps d'attaque difficile (gra-

phite, paraffine, alcaloïdes, etc.) ne peuvent être ainsi totalement oxydés, même en présence d'argent. Au contraire, au bain-marie à 100°, la décomposition de l'oxydant est extrêmement lente, ce qui permet de prolonger l'oxydation autant qu'on le désire. Enfin il convient de noter que l'acide sulfurique employé ne doit pas renfermer plus de 1 à 2 pour 100 d'eau, sous peine de laisser certains corps inattaqués, l'urée entre beaucoup d'autres.

Méthode générale de microdosage du carbone (1) :

Principe et appareil. — Attaque sulfo-argento-chromique, une demi-heure au bain-marie bouillant. L'appareil employé est celui de Nicloux, modifié de façon telle que l'oxyde de carbone éventuellement produit puisse être brûlé, dans la boule même où se trouve la potasse, par un fil de platine porté au rouge grâce à un courant électrique (2).

Résultats. — De nombreux corps purs solides ont été pesés à la microbalance, des précipités ont été recueillis sur de minuscules filtres de Pregl de construction spéciale, des liquides ont été pesés en petites cupules ou en fines ampoules et toutes ces substances ont été soumises au dosage du carbone. Ces résultats se sont montrés excellents, l'erreur relative courante ne dépassant pas 1 pour 100 pour 2 à 3^{mg} de carbone. On a ainsi brûlé, entre autres substances :

Des sucres, des acides aminés, des hétérocycliques azotés, des alcaloïdes, des corps terpéniques, des hydrazones, des osazones, des semi-carbazones, des oximes, des picrates; l'alcool et l'aldéhyde éthyliques, l'oxyde d'éthyle, l'acétone, le benzène. Diverses protéines, la soie, la cellulose, la cire, le bois, le liège, la colophane, le caoutchouc, la paraffine, la houille, le graphite, la terre végétale, ont donné un parfait accord avec le dosage du carbone pratiqué d'autre part selon Pregl. Seuls ont conduit à un échec : le diamant et le carborundum absolument non attaqués et les aciers d'attaque extrêmement lente, en milieu anhydre.

Applications. — Cette méthode générale de dosage du carbone offre, en particulier, deux possibilités intéressantes :

1° On peut évaluer commodément et avec une grande rapidité la teneur en carbone d'un composé quelconque, pesé à la microbalance. Si la précision

(1) Tous les détails seront publiés dans d'autres recueils.

(2) L'oxygène nécessaire, provenant de la décomposition de l'acide chromique, est fourni en fin d'attaque par un chauffage direct sur une petite flamme.

n'égale pas celle du « Pregl » correctement exécuté, elle ne s'en éloigne pourtant pas beaucoup.

2° On peut surtout, sans microbalance et par simple évaluation du carbone dans des précipités recueillis sur des petits filtres de Pregl spéciaux, doser de très nombreux corps intéressant les biochimistes, corps engageables en combinaisons insolubles : complexes cupriques et mercuriels, osazones, picrates, picrolonates, chloroplatinates, phosphotungstates, silicotungstates, pour ne citer que ceux que nous avons particulièrement étudiés.

PROTISTOLOGIE. — *Identité des genres* Grahamella *Brumpt* 1911 *et* Bartonella *Strong, Tyzzer, Brues, Sellards et Gastiaburu* 1915. Note de M. **E. Brumpt**, présentée par M. F. Mesnil.

En examinant le sang de cent deux taupes capturées aux environs de Cambridge (Angleterre), G. S. Graham-Smith a découvert en 1905, dans les hématies de dix d'entre elles, des corpuscules particuliers dont il admit la nature parasitaire, mais que d'autres auteurs identifièrent aux granulations basophiles observées dans les globules rouges de nombreux mammifères. L'étude du sang d'une taupe capturée à Chantilly (Oise), en septembre 1911, renfermant ces germes, me permettait de conclure que les éléments découverts par Graham-Smith étaient certainement des parasites. Je donnais à ces êtres le nom de *Grahamella talpæ* n. g. n. sp. et je résumais les caractères du genre dans la diagnose suivante :

« Genre *Grahamella* Brumpt 1911. Protiste. Parasites arrondis ou bacilliformes vivant dans les hématies des vertébrés, se reproduisant par division transversale et par bourgeonnement. Espèce type : *Grahamella talpæ* dont les caractères sont décrits dans le travail de Graham-Smith et dans la Note ci-dessus. »

Depuis cette époque les *Grahamella*, dont la détermination spécifique est à peu près impossible dans l'état actuel de nos connaissances, ont été rencontrées dans le sang de 21 espèces de rongeurs, de 3 insectivores, de 3 cheiroptères, d'un singe, d'un chien et peut-être aussi d'un bœuf.

A l'époque (1905) où Graham-Smith décrivait les parasites du sang des taupes, un médecin péruvien, Barton, observait dans les hématies de deux personnes souffrant de la fièvre d'Oroya, forme initiale de la *Verruga peruviana*, des éléments ressemblant à des bacilles et il en signalait l'existence aux membres de la *Sociedad Medica Union Fernandina*.

En 1909 ce même auteur retrouvait ces parasites dans le sang de quatorze

malades et admettait qu'il s'agissait probablement de protozoaires déterminant la fièvre d'Oroya. Les corps de Barton furent retrouvés par différents auteurs qui, comme dans les cas de *Grahamella*, nièrent leur nature parasitaire. Cette dernière fut cependant admise par Darling (1911), puis par les membres de la mission dirigée par Richard Strong, qui donnèrent en 1915 aux germes vus par Barton le nom de *Bartonella bacilliformis* n. g. n. sp. en indiquant d'ailleurs la très grande parenté avec ceux que j'avais classés dans le genre *Grahamella*. Ces auteurs donnèrent du genre *Bartonella* la diagnose suivante :

Genre *Bartonella* Strong, Tyzzer, Brues, Sellards et Gastiaburu 1915. Diagnose : organismes arrondis ou en bâtonnets, formant parfois des chaînes constituées d'éléments en voie de division; multiplication par division transversale; cytoplasme et substance chromatique souvent difficiles à différencier; pourvus d'un certain degré de motilité; parasites des globules rouges.

Ce qui semblait caractériser tout particulièrement les *Grahamella*, c'était leur innocuité pour les animaux qui les hébergeaient; le seul auteur qui leur ait attribué un rôle pathogène est O'Brien, cité par Macfie en 1915, qui, dans un rapport du laboratoire d'Accra pour l'année 1911, a signalé la coïncidence de symptômes morbides chez des Rats géants (probablement *Cricetomys gambianus*) présentant d'assez nombreuses hématies parasitées.

Depuis quelques années, des faits très importants concernant une anémie parasitaire, cliniquement très voisine de celle observée chez l'homme atteint de la fièvre d'Oroya, ont été observés chez les rats splénectomisés.

En 1924 Domagk remarque que, contrairement à ce qui s'observe chez les autres mammifères, y compris l'homme, les rats supportent mal la splénectomie et succombent souvent avec des symptômes d'anémie pernicieuse. Ces faits sont confirmés en 1925 par Dobrovolskaia et Samssonow et par E. Lauda qui démontra en outre la nature infectieuse de cette anémie en la transmettant à des rats splénectomisés ayant bien supporté l'opération. Le parasite déterminant cette curieuse anémie expérimentale fut rencontré en abondance par M. Mayer, Borchardt et Kikuth (1926) dans les hématies des 15 rats qu'ils privèrent de leur rate. Mais ce germe, que M. Mayer qui l'avait déjà rencontré (1921) dans le sang d'animaux trypanosomés traités par le Bayer 205, croyait nouveau et avait nommé *Bartonella muris*, semble en réalité identique à un parasite que j'avais trouvé plusieurs fois dans le sang des surmulots de Saô-Paulo (Brésil) en mai et juin 1914, parasite trouvé indépendamment par Carini en 1915, également à Saô-Paulo, et désigné par cet auteur sous le nom de *Grahamella muris*. Il est en effet

incontestable que le parasite déterminant l'anémie des rats appartient au même genre que le parasite signalé par Graham-Smith chez la taupe en 1905. En effet, en examinant chaque jour le sang de 12 rats d'un élevage entretenu à mon laboratoire depuis 1919 et splénectomisés par mon ami le Dr Pozerski, j'ai pu constater sans peine l'anémie pernicieuse, observée parfois dans le sang plus de 80 pour 100 d'hématies infectées par des colonies de *Grahamella* et identifier certaines de leurs formes tout au moins avec celles rencontrées dans les préparations de sang de surmulot (*Mus decumanus* = *E. norvegicus*) faites par moi à Saô-Paulo en 1914. Il résulte donc de mes études que la *Bartonella muris* Mayer 1921 doit tomber en synonymie et que le nom de *Grahamella muris* Carini 1915 doit être adopté pour ce très intéressant parasite qui vit à l'état latent dans 100 pour 100 des rats de certains élevages et est totalement absent dans d'autres.

En comparant les frottis de sang des rats splénectomisés avec des frottis provenant de divers malades atteints de la fièvre d'Oroya, que je dois à l'obligeance de mon collègue le professeur R. E. Ribeyro, de Lima, frottis renfermant parfois 97 pour 100 de globules infectés, on ne relève entre les parasites des infections aiguës à *Grahamella muris* du rat et ceux des infections aiguës à *Bartonella bacilliformis* de l'homme que des différences spécifiques. Il est certain que ces deux germes, comme tous ceux déjà signalés chez les mammifères, doivent être réunis dans un genre unique qui, par application des lois de la priorité, doit être celui de *Grahamella*, créé en 1911, tandis que celui de *Bartonella* n'a été créé qu'en 1915.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Expériences faites en Grèce sur le mode de transmission de la « dengue »*. Note (1) de MM. **Georges Blanc** et **J. Caminopetros**, présentée par M. Calmette.

De nombreux expérimentateurs et plus spécialement Siler, Hall et Hitchens ont montré que la « dengue » était transmise par le moustique *Stegomyia fasciata*. Pour précis qu'aient été les travaux auxquels nous faisons allusion, il est difficile d'étendre leurs conclusions aux autres régions que celles où ils ont été faits.

Ceci tient surtout à ce que le mot « dengue » n'a pas en pathologie un sens très défini, et cela est surtout vrai sur les rives de la Méditerranée où

(1) Séance du 26 novembre 1928.

le mot « dengue » a été employé couramment pour désigner la *fièvre de trois jours* (1).

La confusion qui s'est faite autour du mot « dengue » entre deux maladies voisines a conduit à cette conception que la dengue est transmise en Orient par le *Phlébotome*, en Afrique par le *Stegomyia* et peut-être aussi le *Culex* (2).

Il est indispensable de débrouiller un peu ces faits et d'établir quel est, en Méditerranée, le mode de transmission de la dengue, mode de transmission qu'il importe tout particulièrement de connaître pour s'efforcer d'en préserver les pays non encore touchés par la pandémie de cet été.

Voici les résultats brièvement résumés auxquels nous ont conduits les recherches que nous poursuivons à Athènes depuis l'apparition de la pandémie.

Premier fait démontré par nos expériences. — *Les Stegomyias nourris sur un malade atteint de dengue sont infectés. Les Stegomyias prélevés à Athènes, dans des chambres où il y a eu des malades, sont infectés.*

Pour démontrer ces faits nous avons procédé de la façon suivante : nous avons préparé deux lots de Stegomyias. Le premier comprenait des individus recueillis et nourris à Athènes, à trois reprises, sur un malade atteint de dengue; le second, des moustiques recueillis dans des chambres où avaient été alités des malades. Comme il y avait à craindre qu'à Athènes il fût difficile de trouver des sujets réceptifs, et surtout qu'une infection spontanée ne troublât les résultats de nos expériences, nous les avons faites loin des régions infectées.

Dans une petite île située dans la baie de Mirabello, à l'est de la Crète, en un lieu parfaitement isolé et écarté de tout foyer de dengue, trois volontaires ont été inoculés sous la peau avec le produit du broyage, en eau physiologique, de 7 Stegomyias recueillis 8 jours auparavant à Athènes. L'un réagit 7 jours plus tard, le second 8 et le troisième 9 jours après l'inoculation. Deux autres volontaires sont inoculés avec le produit de broyage, en eau physiologique, de 6 Stegomyias pris à Athènes, mais nourris 4 jours auparavant sur un malade atteint de dengue. Les deux volontaires réagissent 7 jours après l'inoculation (3).

---

(1) Voir la plupart des traités cliniques de médecine, de langue française.

(2) V. Perves, *Épidémie de « dengue » au centre de la marine à Dakar* (*Arch. de Méd. navale*, 2, 1928, p. 173).

(3) Il est probable, comme le montre le paragraphe suivant, que ces moustiques du deuxième lot étaient infectieux, non à cause de leur repas infectant, mais parce que déjà infectés.

Deuxième fait. — *Les Stegomyias, infectés sur un malade, transmettent la dengue par piqûre 9 jours après le repas infectant et restent infectants au moins 28 jours après ce repas.*

Pour établir ce fait, corollaire du premier, nous avons effectué de très nombreuses expériences dont une seule suffira à la démonstration.

Des Stegomyias vierges, c'est-à-dire provenant d'un élevage du laboratoire, sont infectés à trois reprises consécutives par piqûres de malades atteints de dengue typique, au premier ou au deuxième jour de leur maladie.

Ces Stegomyias sont ensuite nourris sur des sujets neufs, dans un endroit indemne de dengue et parfaitement isolé. Nous faisons piquer ces sujets 6, 9, 12, 20, 28 jours après le dernier repas infectant. Tous les sujets s'infectent, sauf celui qui a été piqué par des stegomyias infectés depuis 6 jours.

Troisième fait. — *Les Stegomyias prélevés dans une maison où il y a eu de la dengue peuvent être infectés et transmettre la maladie par piqûre.*

En voici la démonstration : de nombreux Stegomyias sont capturés dans un quartier d'Athènes où l'infection a été très intense. Trois sujets volontaires sont piqués par ces moustiques, toujours dans des conditions d'isolement parfaites. L'un d'eux, piqué par 30 moustiques, réagit après une incubation de 8 jours.

Quatrième fait. — *Les moustiques, du genre Culex, infectés sur des malades atteints de dengue, n'ont pas transmis l'infection par piqûre.*

Un lot de moustiques du genre *Culex*, comprenant en presque totalité l'espèce *Culex pipiens*, un *Culex apicalis* et quelques exemplaires que nous rapportons à l'espèce *Culex laticinctus*, sont nourris à quatre reprises sur des malades atteints de dengue. Les malades sont les mêmes que ceux qui ont infecté les Stegomyias dans l'expérience rapportée au paragraphe 2. Sept sujets neufs, placés dans les mêmes conditions que ceux des expériences précédentes, ont été piqués, tour à tour, par les moustiques 5, 10, 15, 18, 22 et 34 jours après leur dernier repas infectant. Aucun des sujets n'a réagi. Leur sang ne s'est pas montré virulent.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Essais de transmission de la fièvre exanthématique de Marseille par les poux*. Note de MM. **Et. Burnet**, **P. Durand** et **D. Olmer**, présentée par M. Calmette.

Malgré l'absence à peu près constante de poux sur les malades atteints de fièvre de Marseille, les rapprochements tentés de divers côtés entre cette affection et le typhus donnent un vif intérêt à des essais de transmission de la maladie marseillaise par ces parasites. Nous avons opéré avec deux lots de poux (*Pediculus vestimenti*) recueillis sur des individus d'une région indemne de fièvre de Marseille. Les poux ont été nourris, matin et soir, avec les précautions habituelles, sur des singes en pleine évolution de fièvre de Marseille expérimentale. En dehors des périodes où nous avions à notre disposition des singes infectés et fébriles, les repas étaient donnés sur des singes non infectés.

Le pouvoir infectant des parasites a été recherché par inoculation de poux broyés, procédé évidemment différent de ce qui peut se passer dans la nature. Mais il s'agissait de recherches préliminaires, pour lesquelles le moyen d'infection le plus brutal et le plus massif a paru préférable.

Expérience I. — Les repas infectants ont été pris matin et soir sur les singes suivants :

Dates des repas.	Singes fébriles	Température du singe. M.	S.
16 août	Bonnet chinois	40°	40°,5
17 »	»	39,5	»
17 »	Cynomolgus	»	41
18 »	»	40,2	40,5
19 »	»	39,6	40,5
20 »	»	39,5	40,2
20 »	»	38,9	39,4

Du 22 au 26 août, les mêmes singes servent à nourrir les poux. Mais ils n'ont plus de fièvre et leur température oscille entre 38°,7 et 39°,1.

Le 26 août, les 31 poux qui constituent le lot sont broyés et inoculés sous la peau d'un Bonnet chinois et d'un Patas. Le premier singe n'éprouve dans la suite aucune élévation de température. Le second présente dès le 4e jour une fièvre peu élevée, trop précoce pour être qualifiée de fièvre exanthématique expérimentale. Pour en déterminer la nature, on prélève par ponction cardiaque 10^{cm^3} de sang dont 5^{cm^3} sont inoculés dans le péritoine d'un second Patas et 5^{cm^3} sous la peau d'un collègue qui, sachant que la maladie est très bénigne, veut bien se prêter à cette épreuve.

Aucune de ces deux inoculations ne détermine de fièvre dans les 30 jours qui suivent.

Expérience II. — Les repas infectants sont pris matin et soir sur les singes suivants :

Dates des repas.	Singes fébriles.	Température du singe. M.	Température du singe. S.
16 septembre.	Callitriche 1	40°,4	40°,4
22 »	Callitriche 2	40	40,2
23 »	(passage positif à partir du précédent)	39,5	40
24 »	Deuxième jour de la maladie expérimentale, qui a été très courte.	39,3	39,5

Du 16 au 21 septembre inclus et à partir du 24 septembre les poux sont nourris sur des singes en bonne santé.

Le 30 septembre, 10 poux sont broyés et inoculés à un callitriche. Le 2 octobre, les 5 poux restants sont broyés et inoculés sous la peau d'un autre sujet volontaire.

Ni l'une ni l'autre de ces inoculations ne provoque de réaction quelconque dans les trente jours qui suivent.

Conclusion. — Des poux nourris sur des singes atteints de fièvre de Marseille ont été broyés et inoculés à des singes normaux et à deux sujets volontaires, les repas infectants s'échelonnant de 5 à 17 jours avant l'inoculation. Toutes les inoculations ont été négatives.

Ces expériences parlent contre l'hypothèse de la nature typhique du virus de la fièvre exanthématique de Marseille.

A 16h30m, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17h.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances d'octobre 1928 (*suite et fin*).

Leçons sur quelques équations fonctionnelles avec des applications à divers problèmes d'analyse et de physique mathématique, par Émile Picard, rédigées par Eugène Blanc. Fasc. III des *Cahiers scientifiques*. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1928; 1 vol. 25cm,5.

Démocrite. Doctrines philosophiques et réflexions morales, par Maurice Solovine. Paris, Félix Alcan, 1928; 1 vol. 18cm,5. (Présenté par M. Urbain.)

Recueil des travaux botaniques néerlandais. Vol. XXVA. *Volume jubilaire Hugo de Vries, 16 février 1928*. Amsterdam. J. de Bussy, 1928; 1 vol. 22cm,5.

Mémorial des Sciences physiques. Fasc. III. *Propriétés électriques et magnétiques des flammes*, par Georges Moreau. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1928; 1 fasc. 25cm,5. (Présenté par M. Ch. Fabry.)

A Burgonyavész gombájának ökologiája, par H. Schilberszky. Budapest, Wodianer F. ès Fiai, 1928; 1 fasc. 28cm.

Cahiers du Service géographique de Madagascar. No 1. *La nouvelle projection du Service géographique de Madagascar*, par le commandant Laborde. No 2. *Détermination de la longitude de Nossi-Be en 1926*, par le capitaine Le Page. Tananarive, 1928; 2 fasc. 35cm,5. (Présenté par le général Perrier.)

Vie d'Ernest Solvay, imprimée par ordre de Mme Solvay pour ses parents et amis Bruxelles, 1928; 1 vol. 30cm. (Présenté par M. Perrin.)

Cahiers du Service géographique de l'armée. *Rapport sur les travaux exécutés en 1925 et 1927*. Paris, Service géographique de l'armée, 1928; 1 vol. 25cm.

Les bases physico-chimiques de la distillation, par Jean Barbaudy, préface de H. Le Chatelier. Fasc. V du *Mémorial des Sciences physiques*. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1928; 1 fasc. 25cm,5.

Ouvrages reçus pendant les séances de novembre 1928.

Aperçu sur le rôle des astéroïdes dans la physique du monde (1er volume), par le général Chapel. Paris, Berger-Levrault, 1928; 1 vol. 24cm,5.

Le colonel Aimé Laussedat, sa jeunesse, le soldat, le savant. Conférences faites à Moulins à la Société des Conférences bourbonnaises les 19 janvier et 19 octobre 1927, par M. Georges Bruel. Moulins-sur-Allier, Imprimerie bourbonnaise, s. d.; 1 fasc. 23cm,5.

La balance à calcul de Stanislas Millot. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1928; 1 vol. 25cm,5.

Automates. Machines automatiques et machinisme, par ALFRED CHAPUIS, Genève, S. A. des publications techniques, 1928; 1 vol. 20cm.

Origine des phénomènes de l'atmosphère. Application à la prévision des cyclones de la mer des Antilles et du golfe du Mexique, par C. LAFOREST-DUCLOS. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1928; 1 fasc. 22cm.

Voyage zoologique d'Henri Gadeau de Kerville en Asie Mineure (avril-mai 1912). Tome second et dernier : *Poissons*, par le Dr JACQUES PELLEGRIN. *Batraciens et Reptiles*, par G.-A. BOULENGER. *Mammifères*, par MAX KOLLMANN. Paris, J.-B. Baillière et fils, 1928; 1 vol. 25cm,5.

An Account of the Echinoidea, by RENÉ KOEHLER. Calcutta, published by the Director zoological survey of India, 1927; 1 vol. 32cm.

Esquisse géologique de l'Afrique équatoriale française, du Cameroun et des régions voisines à l'échelle de $\frac{1}{3000000}$, par MARCEL E. DENAEYER. Uccle, E. Patesson et fils, 1928; 1 carte.

Afrique équatoriale française. Région du chemin de fer Océan-Brazzaville. Esquisse géologique, à l'échelle de $\frac{1}{3000000}$, par MARCEL DENAEYER. Uccle, E. Patesson et fils, 1920; 1 carte.

Annales du Musée du Congo belge. Tervueren (Belgique). Zoologie, série I. Matériaux pour la Faune du Congo Tome III. Fascicule 1. *Poissons du Chiloango et du Congo*, recueillis par l'expédition du Dr H. Schouteden (1920-1922), par le Dr JACQUES PELLEGRIN. Bruxelles, Falk, 1928; 1 fasc. 37cm.

En relisant Lucrèce, par ÉDOUARD IMBEAUX. Paris, Jouve et Cie, 1929; 19cm.

Sur deux fresques de Giotto à Assise, par M. le Dr ED. IMBEAUX, Nancy, Berger-Levrault, s. d.; 1 fasc. 22cm.

La classification hélicoïdale des éléments chimiques, par CHARLES JANET. Beauvais, Imprimerie départementale de l'Oise, novembre 1928; 1 fasc. 25cm.

Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yacht par Albert Ier, prince souverain de Monaco, publiés sous sa direction avec le concours de M. JULES RICHARD. Fascicule LXXIX : *Spongiaires de l'Atlantique et de la Méditerranée, provenant des croisières du prince Albert Ier de Monaco*, par ÉMILE TOPSENT. Imprimerie de Monaco, 1928; 1 vol. 35cm.

Théorie ionique de l'excitation des tissus vivants, par P. LASAREFF in *Collection de Monographies scientifiques étrangères publiée sous la direction de M. G. Juvet*. Paris, Blanchard, 1928; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. d'Arsonval.)

Dispositifs nouveaux à utiliser sur le bâtiment guide de toute escadre en formation de brume pour la sécurité de celles de ces escadres dont les routes se croiseraient dangereusement, par F.-E. FOURNIER. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1928; 1 fasc. 22cm,5.

Sur l'aérodynamique des ailes sustentatrices et des hélices, par MAURICE ROY, préface de M. HENRI VILLAT. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1928; 1 vol. 25cm.

Stabilité, centrage et maniabilité des avions dans le vol longitudinal. Empennages et gouvernes de profondeur, par MAURICE ROY. Paris, Chiron, 1928; 1 vol. 25cm.

La matière fulminante, par E. MATHIAS. Paris, Librairie de l'Enseignement technique, 1928; 1 fasc. 24cm.

Atlas of Egypt, a Series of Maps and Diagrams with descriptive Text illustrating

the Orography, Geology, Meteorology and Economic Conditions, by HUSSEIN BEY SIRRY. Survey of Egypt, Giza, 1928; 1 atlas 72×85^{cm} et une notice explicative.

Science et civilisation. Éléments de biologie marine, par L. JOUBIN. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1928; 1 vol. 19^{cm}.

Cours de résistance des matériaux, par A. MESNAGER. Paris, Dunod, 1928; 1 vol. $25^{cm},5$.

L'Évolution de la Métallurgie, par LÉON GUILLET. Paris, Félix Alcan, 1928; 1 vol. $18^{cm},5$.

L'Offrande à Mercure. Remarques sur les affaires, par CHARLES ROSZAK. Paris, Alexis Redier, 1928; 1 vol. 19^{cm}. (Présenté par M. Guillet.)

Nouveau comparateur approprié à la mesure des spectrogrammes destinés à la détermination des vitesses radiales, par MAURICE HAMY. Extrait de la *Revue d'optique théorique et instrumentale*, 1928; 1 fasc. 24^{cm}.

Faune de France. 19. *Hyménoptères vespiformes*. II. *Eumenidæ, Vespidæ, Masaridæ, Bethylidæ, Dryinidæ, Embolemidæ*, par L. BERLAND. Paris, Paul Lechevalier, 1928; 1 vol. $25^{cm},5$. (Présenté par M. Bouvier.)

Encyclopédie ornithologique. L'effraye commune en Vendée, par G. GUÉRIN. Paris, Paul Lechevalier, 1928; 1 vol. 23^{cm}. (Présenté par M. Bouvier.)

Société de biogéographie. *Contribution à l'étude du peuplement des hautes montagnes*, par MM. ALLORGE, BENOIST, CHEVALIER, CHOPARD, GERMAIN, HEIM DE BALSAC, HEIM, HUMBERT, JEANNEL, JOLEAUD, LAVAUDEN, MAIRE, DE MARTONNE, MOTAS, DE PEYERIMHOFF, PITTARD, SAINTE-CLAIRE DEVILLE, SCHARF, UVAROV et VANDEL. Paris, Paul Lechevalier, 1928; 1 vol. $25^{cm},5$. (Présenté par M. Bouvier.)

Monographie, par H. FRÉCHET et H. ROULLET. Paris, Armand Colin, 1928; 1 vol. $17^{cm},5$. (Présenté par M. d'Ocagne.)

Encyclopédie de Chimie industrielle. *Procédés modernes de fabrication de l'acide sulfurique. Chambres de plomb*, par L. PIERRON. Paris, J.-B. Baillière et fils, 1929; 1 vol. 23^{cm}. (Présenté par M. C. Matignon.)

Blood, a Study in General Physiology, by LAWRENCE J. HENDERSON. New Haven, Yale University Press, 1928; 1 vol. $23^{cm},5$. (Présenté par M. d'Ocagne.)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 10 DÉCEMBRE 1928.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE HAMY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'à l'occasion des fêtes de Noël la prochaine séance ordinaire aura lieu le mercredi 26 décembre au lieu du lundi 24.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. le Professeur **Jean Cantacuzène**, Directeur de l'Institut de Médecine expérimentale de Bucarest, et à M. **Walter Ford**, de Ann Arbor, Michigan, qui assistent à la séance.

ASTRONOMIE. — *Conséquence d'une propriété de la diffraction par une ouverture circulaire.* Note de M. **Maurice Hamy**.

Dans une Communication antérieure [1], j'ai fait connaître une propriété particulière de l'image d'un astre circulaire de grand diamètre angulaire, tel que la lune, observée avec une lunette dont l'objectif est recouvert d'un diaphragme circulaire, d'ouverture variable D, le grossissement employé était d'ailleurs constamment proportionnel à D. Il arrive, dans ces conditions, en dépit de la complexité des effets de la diffraction, que l'image virtuelle du bord de l'astre, telle que la voit l'observateur à travers l'oculaire, possède une constitution optique, un éclat et partant un aspect invariable, lorsque D varie.

---

(1) *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 624.

On peut fonder sur cette propriété un procédé d'observation exact du diamètre de l'astre, en faisant usage de la méthode des passages, combinée à l'emploi d'un micromètre impersonnel et appliquée à un équatorial, au moment de l'opposition. On suppose la lunette d'observation immobile, pendant la durée du parcours de l'astre dans le champ.

Le mouvement relatif du fil mobile, par rapport à l'image de l'astre, est sensiblement nul. Agissant sur des organes appropriés, capables d'imprimer au fil un mouvement différentiel, l'observateur peut pointer un détail de l'image exactement comme si elle était fixe dans le champ. Des pointés et des temps correspondants, enregistrés automatiquement, on déduit après coup, par le calcul, l'heure du passage du détail observé à un fil fixe dans le champ.

La détermination du diamètre lunaire, avec ce dispositif, résulte de la combinaison d'observations faites comme il suit.

Donnons d'abord au diaphragme l'ouverture même de la lunette et pointons le bord optique lunaire avec le fil entraîné. On placera ce fil dans une position telle que son image, vue à travers l'oculaire, se trouve à une petite distance angulaire δ inconnue de l'image virtuelle du bord géométrique dont rien ne signale la position exacte à l'observateur. La réduction de l'observation fera par suite connaître l'heure de l'instant où l'image virtuelle du bord géométrique se trouvait à la distance angulaire δ de l'image virtuelle du fil fixe. Pour un même observateur, δ est d'ailleurs une constante, en moyenne tout au moins, pendant quelques minutes, pour un même bord de l'astre.

En second lieu, donnons au diaphragme une ouverture moitié de celle de l'objectif. L'image virtuelle de la région de l'astre, voisine du bord géométrique, a un aspect identique à celui de tout à l'heure, en vertu des propriétés signalées ci-dessus. Si donc on pointe le nouveau bord optique avec le fil entraîné, on le placera de façon que son image virtuelle, fournie par le nouvel oculaire, soit encore à la distance angulaire δ de celle du bord géométrique et la réduction de l'observation fera connaître comme précédemment l'instant où l'image virtuelle du bord géométrique se trouvait à la distance angulaire δ de l'image virtuelle du fil fixe du micromètre. Mais comme le grossissement de la lunette est moitié moindre que dans la première observation, le fil fixe se trouve, à l'instant calculé, dans le plan focal de la lunette, à une distance linéaire du bord géométrique double de ce qu'elle était dans la première observation.

Il en résulte que si, dans la première observation, le fil fixe, vu du centre

optique de la lunette, est placé, à l'instant calculé, à la distance angulaire ψ du bord géométrique, il se trouve à la distance angulaire 2ψ, à l'instant calculé, dans la seconde.

Appelons ψ_0 la valeur de ψ, exprimée en temps, pour le bord optique Ouest de l'astre, ψ_E la valeur de ψ pour le bord optique Est, ψ_0 et ψ_E se rapportant à la première observation.

La durée t_1 du passage de l'astre au fil fixe, résultant des pointés de la première observation, fournit la relation

$$t_1 = \frac{\Delta + \psi_0 + \psi_E + \partial \mathcal{R}}{\cos \mathcal{D}},$$

Δ désignant le diamètre vrai, exprimé en temps, $\mathcal{D}$ la déclinaison de l'astre et $\partial \mathcal{R}$ la variation de son ascension droite, pendant la durée de son passage à un même cercle horaire.

La seconde observation, faite immédiatement après, donne de même

$$t_2 = \frac{\Delta + 2\psi_0 + 2\psi_E + \partial \mathcal{R}}{\cos \mathcal{D}}.$$

Ces deux relations fournissent l'équation

$$\Delta + \partial \mathcal{R} = (2t_1 - t_2) \cos \mathcal{D},$$

d'où l'on tire la valeur de Δ.

Pratiquement, il est nécessaire de se plier à certaines nécessités dans l'application.

Tout d'abord, les apparences à travers l'oculaire devant être identiques, dans la première et la seconde observation, il faut renoncer à l'emploi d'un fil micrométrique, qui change d'aspect quand on passe d'un grossissement à l'autre. Il convient de lui substituer une lame d'acier très mince, taillée à angle très affilé dont on utilise la pointe. Cette pointe se voit exactement de la même façon quand on change d'oculaire.

On doit opérer avec un instrument de large ouverture et en cas d'images parfaitement calmes seulement. Passer outre à cette dernière condition et chercher à augmenter la précision des résultats par des moyennes serait dépourvu de sens. Les raisonnements supposent, en effet, essentiellement que l'image focale possède sa structure théorique dans le voisinage du bord géométrique. Or cette constitution est altérée dès que les ondulations atmosphériques se manifestent.

Se passer de l'emploi d'un micromètre impersonnel, quitte à observer par la méthode de l'œil et de l'oreille, est à éviter. En opérant de la sorte, on

introduirait presque certainement des erreurs systématiques, la vitesse du déplacement de l'image, par rapport à la pointe, n'étant pas la même dans l'une et l'autre observation.

Enfin, il y a lieu d'observer en lumière sensiblement monochromatique. A cet effet, on peut interposer, entre l'œil et l'oculaire, un écran vert laissant passer une bande étroite du spectre. Les grossissements employés doivent d'ailleurs correspondre à des anneaux oculaires inférieurs à la pupile de l'œil.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Autoxydation et action antioxygène* (XXXIII); *Propriétés catalytiques de l'antimoine, du bismuth et leurs dérivés et de quelques dérivés du vanadium.* Note (¹) de MM. **Charles Moureu, Charles Dufraisse** et **Marius Badoche.**

Antimoine et ses dérivés. — Nous avons étudié les propriétés catalytiques de 10 substances, employées à des doses voisines de 1 pour 100.

A. Le *métal* et ses composés oxygénés sont peu actifs.

On peut cependant noter que le *métal* ralentit notablement l'autoxydation de la solution alcaline de sulfite disodique et que la même propriété se retrouve, à un degré moindre toutefois, pour l'*anhydride antimonique* (alors que l'*anhydride antimonieux* est sans action). De même, l'anhydride antimonique ralentit l'oxydation de l'aldéhyde benzoïque, tandis qu'il accélère légèrement celle du styrolène.

Les propriétés catalytiques de l'*émétique* ont été trouvées nulles ou faibles dans la plupart de nos essais. Il a légèrement accéléré l'oxydation de l'aldéhyde benzoïque et, après une longue période d'inactivité, notablement ralenti celle du styrolène. Il a ralenti l'oxydation de la solution alcaline de sulfite disodique et accéléré celle de la solution légèrement acide.

B. Les dérivés halogénés se montrent d'ordinaire très actifs.

Le *chlorure* $SbCl^3$ et le *bromure* $SbBr^3$ sont de bons antioxygènes de l'aldéhyde propylique, de l'acroléine, de l'aldéhyde benzoïque, du furfurol, de l'essence de térébenthine. L'*iodure* SbI^3 exerce la même action sur les mêmes quatre aldéhydes, mais il est prooxygène vis-à-vis de l'essence de térébenthine. L'oxydation du styrolène est de même accélérée par l'iodure (2 fois), le tribromure (15 fois), le trichlorure (20 fois) Les trois dérivés halogénés sont antioxygènes vis-à-vis du sulfite disodique en solution alcaline et prooxygènes vis-à-vis du même sel en solution légèrement acide.

La *diphénylchlorostibine* $(C^6H^5)^2SbCl$, bon antioxygène du furfurol, ralentit notablement l'oxydation de l'aldéhyde benzoïque et faiblement celle du sulfite disodique

(¹) Séance du 3 décembre 1928.

en solution alcaline; vis-à-vis du styrolène, après une période d'inactivité, elle se montre prooxygène; elle est prooxygène vis-à-vis du sulfite disodique en solution acide. Le *chlorure de triphénylstibine* $(C^6H^5)^3SbCl^2$ a ralenti notablement l'oxydation du furfurol et du sulfite disodique en solution alcaline ou acide; après une période d'inactivité, il accélère l'oxydation du styrolène.

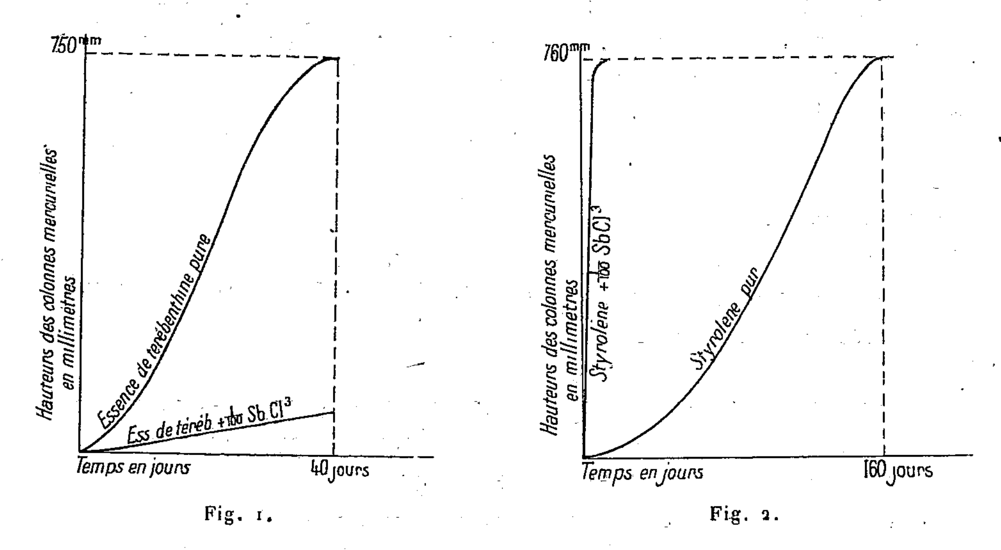


Fig. 1.

Fig. 2.

C. La *triphénylstibine* $(C^6H^5)^3Sb$ ralentit beaucoup l'oxydation de l'aldéhyde propylique; elle s'est révélée comme un excellent antioxygène vis-à-vis de l'acroléine, du furfurol, de l'aldéhyde benzoïque, du styrolène, de l'essence de térébenthine.

Comme pour tous les travaux qui ont précédé celui-ci, nous ne pouvons présenter, faute de place, que quelques-unes, choisies, à titre d'exemple, parmi les plus caractéristiques, des nombreuses courbes par lesquelles nous avons traduit les résultats de nos expériences. Les figures 1 et 2 soulignent bien le fait, sur lequel nous avons souvent attiré l'attention, à savoir qu'il suffit parfois de changer bien peu de chose pour inverser l'action d'un catalyseur d'autoxydation. C'est ainsi que le trichlorure d'antimoine, antioxygène vis-à-vis d'un hydrocarbure, le styrolène, peut être prooxygène vis-à-vis d'autres hydrocarbures, telle l'essence de térébenthine.

Bismuth et ses dérivés. — L'étude a porté sur 10 substances, employées à des doses voisines de 1 pour 100.

A. Le *métal* ralentit notablement l'oxydation du styrolène, faiblement celle du sulfite disodique en solution alcaline. Le *sesquioxyde* ralentit notablement l'oxydation du styrolène, faiblement celle de l'essence de térébenthine et du sulfite disodique en solution alcaline. Le *nitrate*, après une période d'inactivité, a ralenti notablement

l'oxydation du furfurol; il a fortement ralenti celle des deux solutions du sulfite disodique. Il est fortement prooxygène vis-à-vis du styrolène.

B. Le *trichlorure* et le *tribromure* n'ont généralement exercé que des actions faibles ou nulles. Notons que le trichlorure s'est montré fortement antioxygène vis-à-vis du sulfite disodique en solution alcaline, et que vis-à-vis de la solution acide, prooxygène au début, il s'est ensuite montré antioxygène. Notons également que le tribromure ralentit notablement l'oxydation du sulfite disodique en solution alcaline et accélère beaucoup celle du styrolène.

Le *triiodure* est généralement très actif. Il est bon antioxygène de l'aldéhyde benzoïque, du furfurol, de l'aldéhyde propylique; avec l'acroléine, après une forte action antioxygène de quelques jours, on observe une brusque oxydation accélérée. Dans le cas du styrolène, forte accélération (coefficient > 5). L'oxydation du sulfite disodique en solution alcaline est fortement ralentie.

C. Le *bismuth triéthyle* $(C^2H^5)^3Bi$ ralentit notablement l'oxydation de l'aldéhyde benzoïque, du furfurol (après quelques jours d'inactivité), de l'aldéhyde propylique, du sulfite disodique en solution alcaline; il accélère celle du styrolène, de l'essence de térébenthine, du sulfite disodique en solution acide. Le *bismuth tripropyle* $(C^3H^7)^3Bi$ et le *bismuth triisoamyle* $(C^5H^{11})^3Bi$ ont exercé sensiblement les mêmes actions; notons cependant que le bismuth triisoamyle s'est montré nettement antioxygène vis-à-vis du styrolène, alors que, chose curieuse, le dérivé tripropylé est prooxygène vis-à-vis du même corps.

Le *bismuth triphényle* $(C^6H^5)^3Bi$ est un bon antioxygène de l'acroléine et du fur-

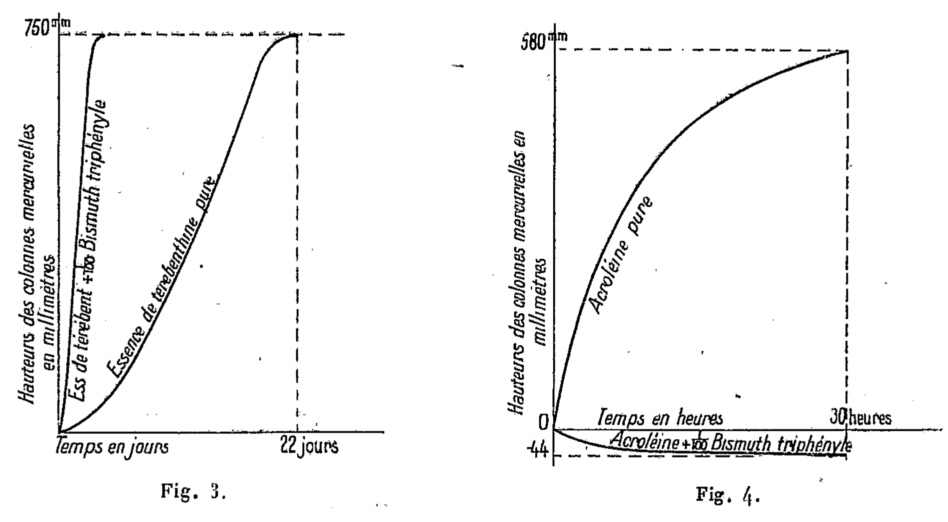


Fig. 3.

Fig. 4.

furol, moins bon de l'aldéhyde benzoïque. Il ralentit notablement l'oxydation du styrolène (après une longue période d'inactivité), et enfin accélère considérablement (coefficient > 30) celle de l'essence de térébenthine.

On voit encore ici, par les courbes choisies pour les graphiques 3, 4 et 5, combien peuvent être faibles les changements suffisant à inverser le signe

de la catalyse. Le même catalyseur, le triphénylbismuth, est antioxygène vis-à-vis de l'acroléine et prooxygène vis-à-vis de l'essence de térébenthine.

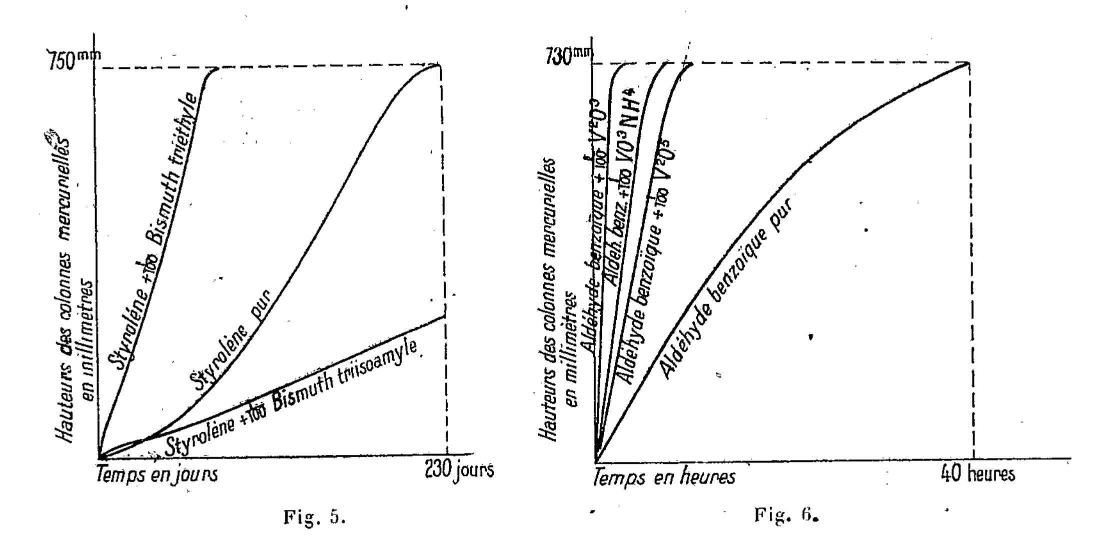


Fig. 5. Fig. 6.

D'autre part, deux catalyseurs de constitutions très voisines, deux trialcoylbismuths, sont l'un antioxygène et l'autre prooxygène vis-à-vis du même corps autoxydable, le styrolène.

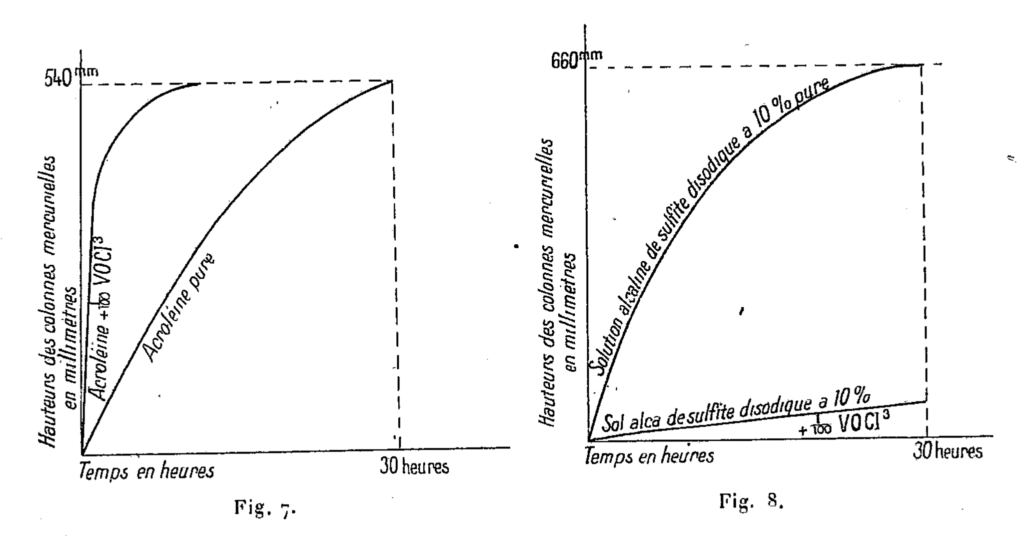


Fig. 7. Fig. 8.

Dérivés du vanadium. — Nous avons étudié les propriétés catalytiques des composés suivants, employés à la dose de 1 pour 100 : *sesquioxyde de*

vanadium, anhydride vanadique, vanadate d'ammonium, oxychlorure de vanadium.

Ces quatre corps ont provoqué un ralentissement important de l'oxydation du sulfite disodique (en solution légèrement alcaline ou faiblement acide).

Le sesquioxyde a accéléré considérablement l'oxydation de l'aldéhyde benzoïque (avec échauffement notable du liquide), de l'essence de térébenthine et du styrolène. Il est également prooxygène, mais l'action est moins énergique, vis-à-vis du furfurol et de l'aldéhyde propylique.

L'anhydride vanadique et le vanadate d'ammonium sont prooxygènes vis-à-vis de l'aldéhyde benzoïque, de l'aldéhyde propylique, du furfurol, du styrolène. L'anhydride l'est aussi vis-à-vis de l'acroléine et de l'essence de térébenthine. Le vanadate d'ammonium a été trouvé sans action sur l'essence de térébenthine.

L'oxychlorure est antioxygène vis-à-vis de l'aldéhyde benzoïque, du furfurol, des deux solutions de sulfite disodique, et aussi, après une période d'inactivité, de l'essence de térébenthine. Il accélère l'oxydation de l'acroléine et du styrolène.

Les dérivés du vanadium possèdent donc des propriétés catalytiques d'autoxydation très marquées, dont les figures 6, 7 et 8 donnent une idée.

PALÉONTOLOGIE. — *Existence de spongolithes d'eau douce dans le Bassin houiller du Gard.* Note de M. **L. Cayeux.**

Grand' Eury a signalé, en 1890, deux bancs de « silex », situés dans les concessions de Doulovy et de Montgros (étage de Gagnières à *Cordaïtes* et de la Grand' Combe) du Bassin houiller d'Alais (Gard).

L'étude d'échantillons de ces « silex » que j'ai prélevés, en 1895, dans la concession de Doulovy nous met en présence d'une roche absolument unique pour le moment, en tant que dépôt d'eau douce.

La roche est noire, massive, compacte, opaque sur les bords, à cassure très finement écailleuse et dépourvue de grain, d'aspect un peu corné et cireux. Vue en place, elle se montre plus ou moins stratifiée. Toujours pareille à elle-même, elle est essentiellement siliceuse. L'analyse d'un fragment accuse 94,10 pour 100 de silice totale, 1,85 d'alumine, 1,65 de sesquioxyde de fer et seulement des traces de chaux et de magnésie avec un peu d'eau de constitution (2,45 pour 100).

Au microscope, les sections parallèles aux plans de stratification sont formées de spicules d'Éponges, coupés en presque totalité suivant leur longueur. On y voit une foule de bâtonnets monoaxes, très longs et déliés, droits ou faiblement arqués, fusiformes et le plus souvent cylindriques, mais

terminés en pointes. Un individu mesurant $0^{mm},7$ de longueur et $0^{mm},02$ de diamètre peut être considéré comme très représentatif de l'ensemble. Les dits spicules sont orientés en tous sens, enchevêtrés les uns dans les autres en une sorte de feutrage, ou groupés par paquets, et alors accolés les uns aux autres en gardant souvent un parallélisme parfait. Grâce à leur diamètre inférieur à l'épaisseur des préparations, on les voit superposés et entrecroisés sous tous les angles. Dans ces conditions, la place réservée aux matériaux étrangers est des plus restreintes.

Au contraire, les coupes normales à la stratification fournissent d'innombrables sections rigoureusement circulaires, tant soit peu elliptiques, ou tendant visiblement vers un contour polygonal, par suite d'une déformation consécutive à la cristallisation de la silice. De nombreuses sections ont leur centre occupé par une minuscule tache, représentant la trace d'un canal resté filiforme, qu'on peut d'ailleurs observer dans maintes sections longitudinales. Les coupes de cet ordre renferment toujours une notable proportion de spicules taillés en long.

Tout spicule bien individualisé, examiné entre les nicols croisés, se transforme en un agrégat de granules de quartz, mais seulement dans le sens longitudinal, car les coupes transversales se résolvent, au contraire, en quartz d'une seule orientation optique. Lorsque les spicules sont accolés sans la moindre interposition de ciment, leur morphologie cesse d'être respectée, et il est de règle qu'ils fassent place à des plages de granules de quartz qui ne laissent transparaître en rien la structure organisée du milieu. A supposer que la gangue de nature très spéciale fasse défaut, la roche serait entièrement cristallisée et ne trahirait en rien son origine organique.

Il n'y a d'éléments étrangers dans ce dépôt que du quartz clastique très clairsemé, de minuscules paillettes de phyllite, généralement couchées dans les plans de stratification, un peu de pyrite de fer et une gangue rudimentaire de couleur brune, jouant avant tout le rôle de matière pigmentaire. Dans les coupes minces parallèles à la stratification cette substance brune forme de tout petits amas aux rares points où les spicules cessent d'être juxtaposés. Ces îlots se transforment en traînées, ordonnées parallèlement à la stratification, dans les sections perpendiculaires. Fixée sur les spicules, même à dose très faible, elle en souligne les contours, et plus elle se développe et mieux les spicules sont individualisés. De nature probablement complexe, cette matière, toujours amorphe, contient très peu de fer et ne devient pas du tout magnétique après calcination. Chauffés au rouge, des éclats de la

roche se décolorent à peine et se montrent légèrement translucides sur les bords, tout en prenant une teinte gris noirâtre. J'incline à croire que ce pigment brun dérive d'une substance sapropélienne, et qu'elle est à base de carbone sous une forme indéterminée. Autrement dit, le dépôt dériverait d'une boue éminemment organique, dont la putréfaction, en milieu lacustre à l'abri de l'air, aurait engendré des matières humiques, matières qu'on retrouverait aujourd'hui sous la forme d'un pigment brun.

En tout état de cause sur ce point, les « silex » de Doulovy — et je puis ajouter ceux de Montgros — réalisent dans la perfection les caractères des *spongolithes*, c'est-à-dire de roches pétries de restes de Spongiaires. Et ce sont, par surcroît, les spongolithes les plus riches en spicules actuellement connues, en quoi elles revêtent un intérêt exceptionnel. Il importe d'ajouter que de leur étude se dégage un fait nouveau, à savoir que l'apparition des Éponges d'eau douce remonte indubitablement à une très haute antiquité.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *La teneur en zinc des aliments végétaux.* Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **Boje Benzon**.

Les résultats des expériences d'alimentation artificielle que nous avons publiées ici en 1924 ([1]), corroborés par ceux de Mac Hargue ([2]), de R. Hubbell et Lafayette Mendel ([3]) aux États-Unis, s'accordent avec l'idée que les petites proportions de zinc contenues dans l'organisme vivant ne sont pas étrangères à sa composition physiologique, mais remplissent, au contraire, un rôle important, comparable à celui du fer, par exemple.

Il est dès lors intéressant de connaître ce qu'il peut y avoir de zinc dans les substances, animales et végétales, qui concourent à l'alimentation. Pour les premières, on peut trouver déjà un assez grand nombre de renseignements utiles dans les publications qui ont été faites sur la question du zinc en général chez les animaux ([4]). Pour les secondes, on ne sait presque rien encore. Il a bien été réalisé un assez grand nombre de dosages de zinc dans les plantes, Javillier en a publié à lui seul plus de cinquante ([5]), mais

---

([1]) *Comptes rendus*, 175, 1922, p. 289; *Bull. Soc. Chim. biol.*, 6, 1924, p. 203, etc.

([2]) *Amer. J. Physiol.*, 77, 1926, p. 245.

([3]) *J. biol. Chem.*, 75, 1927, p. 567.

([4]) On trouvera la plupart de ces renseignements et l'indication des autres dans Gab. Bertrand et R. Vladesco, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 31, 1922, p. 268, et 33, 1923, p. 341.

([5]) *Thèse* Fac. Sc. Paris, 1908.

presque tous ces dosages, entrepris dans un but différent de celui qui nous occupe ici, ont porté sur des espèces végétales non alimentaires. Nous nous sommes appliqués à combler cette lacune et nous avons déterminé la teneur en zinc de plus d'une centaine de plantes ou parties de plantes, choisies parmi celles qui sont le plus ordinairement utilisées soit pour la nourriture de l'homme, soit pour celle des animaux domestiques ou de laboratoire.

Le poids des prises d'essai a varié suivant la richesse approximative en matières sèches : de 200^g pour les graines à 1000 et parfois à 1500^g pour les parties foliacées et les organes parenchymateux. Après dessiccation à l'étuve et destruction des matières organiques au four à moufle, en prenant toutes les précautions antérieurement indiquées, le zinc a été séparé et dosé selon la méthode dite « au zincate de calcium » (¹). Les proportions d'eau et de cendres ayant été déterminées en même temps, il est possible de rapporter les chiffres de zinc obtenus soit à la substance fraîche, soit à la substance sèche ou aux cendres. Sans entrer ici, faute de place, dans le détail de nos résultats que l'on trouvera dans une autre publication, nous indiquerons ce que nous avons observé d'essentiel.

La teneur en zinc est très différente d'un aliment végétal à un autre. Si nous comparons ces aliments à l'état naturel, comme ils se présentent au moment de leur utilisation, nous trouvons que leur teneur en zinc peut varier d'un à plus de cent. Tandis qu'il y a seulement $0^{mg},2$ de métal par kilogramme de matière fraîche dans le mésocarpe de la pêche ou le pétiole de la bette, il y en a plus de 50 dans la graine de haricot et l'amande de pin pignon, qui entrent dans la nourriture de l'homme, et jusqu'à 82,6 dans la graine de chènevis, qui sert d'aliment à divers animaux. Il est vrai que les graines sont des organes pauvres en eau, alors que le mésocarpe de pêche et la feuille de bette en renferment beaucoup.

D'une manière générale, on peut dire qu'il y a très peu de zinc, moins de 1^{mg} par kilogramme, dans la partie pulpeuse des fruits (pêche, prune, abricot, mandarine, fraise, melon) et dans les feuilles étiolées (endives); peu de zinc encore, 1 à 2^{mg} par kilogramme, dans les racines parenchymateuses (carotte, navet, radis), la chair d'orange et le jus de citron, dans les feuilles pauvres en chlorophylle (chou pommé, laitue romaine, scarole), dans la figue, la châtaigne et le raisin.

Toutefois, il y a déjà un peu plus de métal, 2 à 3^{mg} par kilogramme,

---

(¹) G. Bertrand, *Comptes rendus*, 115, 1892, p. 939 et 1028. — G. Bertrand et M. Javillier, *Bull. Soc. chim.*, 4ᵉ série, 1, 1906, p. 63.

dans la partie comestible du potiron, du céleri-rave, de la banane, du chou-fleur, de la patate, du salsifis, de la tomate, de l'aubergine, du topinambour; et de 3 à 4^{mg} par kilogramme dans le rutabaga, l'asperge, le crosne, la racine de betterave fourragère, le tissu charnu de la datte.

La proportion de zinc commence à devenir importante dans les organes riches en chlorophylle : les feuilles de carotte et de luzerne (4^{mg}), de radis ($4^{mg},5$), de laitue pommée ($4^{mg},7$), de mâche ($5^{mg},4$), de cresson ($5^{mg},6$), d'épinard ($6^{mg},2$), de pissenlit ($9^{mg},7$); dans le tubercule de la pomme de terre adulte (variété rouge 4^{mg}) (¹); enfin, dans certains champignons, le cèpe ($5^{mg},1$), la girole ($5^{mg},3$) et la levure ($12^{mg},4$). Dans le champignon de couche, il n'y en avait que $2^{mg},8$ par kilogramme.

Mais c'est dans les bulbes de l'ail (10^{mg}) et de l'oignon ($13^{mg},8$), parmi les organes riches en eau, et dans les graines (de 10^{mg} à 50^{mg} et davantage) que nous avons dosé les plus hautes teneurs en zinc. A cet égard, il existe une différence très nette entre les graines de céréales et celles de légumineuses. Tandis que les premières : seigle, sorgho, alpiste, froment, millet, orge, maïs, avoine, renferment de 12 à $19^{mg},5$ de zinc par kilogramme, il y en a dans celles de soja 20^{mg}, de vesce 23^{mg}, de lentille $24^{mg},5$, de pois $44^{mg},5$ et de haricot $52^{mg},5$.

Les graines provenant d'autres familles végétales ont des teneurs diverses, mais toujours relativement élevées en zinc. Nous avons trouvé, par exemple; dans l'albumen du cocotier, la graine de sarrasin, l'amande fraîche, 10^{mg} de métal par kilogramme, dans l'arachide 16^{mg}, le grand soleil 17^{mg}, l'amande sèche $18^{mg},5$ la noix sèche 20^{mg}, enfin, comme nous l'avons déjà mentionné, dans le pin pignon $55^{mg},5$ et le chènevis $82^{mg},6$.

Il est remarquable que la graine de riz, telle qu'on la consomme en si grande quantité en Extrême-Orient, c'est-à-dire débarrassée de ses enveloppes et de son germe, réduite à son amande blanche par le polissage, renferme très peu de zinc, 2^{mg} et demi seulement par kilogramme. La plus grande partie du métal est donc rejetée avec les issues : le son de riz, par exemple, nous a donné 30^{mg} par kilogramme. Cette localisation paraît d'ailleurs très générale dans le cas des graines (²). S'agit-il du froment, elle a pour conséquence que le pain préparé avec de la farine blanche, au

(¹) Nous avons trouvé seulement 2^{mg} de zinc par kilogramme dans la pomme de terre nouvelle.

(²) Voir à ce sujet, en outre de nos résultats détaillés qui paraîtront prochainement, V. Birckner, *J. biol. Chem.*, 38, 1919, p. 191. — MacHargue, *J. amer. Soc. Agr.*, 17, 1925, p. 368. — M. Javillier et S. Imas, *Compt. rend. Ac. Agric.*, 12, 1926, p. 727.

taux d'extraction de 75 pour 100, ne contient que de 6 à 7^{mg} de zinc par kilogramme, tandis que le pain de farine entière peut en renfermer de 10 à 15.

Il est également remarquable que les feuilles sont d'autant plus riches en zinc qu'elles renferment une plus forte proportion de chlorophylle. Alors que l'endive, complètement étiolée par le procédé de culture, ne renferme que $0^{mg},4$ de zinc par kilogramme, la laitue romaine et la scarolle d'un vert pâle, la laitue pommée d'un vert plus foncé, la mâche, le cresson, l'épinard et surtout le pissenlit, d'un vert foncé, présentent des teneurs croissantes en métal, allant jusqu'à $9^{mg},7$ par kilogramme pour la dernière espèce. Cette teneur en zinc des feuilles vertes est même déjà si élevée que si l'on compare entre eux les aliments végétaux non pas à l'état naturel, comme nous l'avons fait plus haut, mais à l'état sec, elle apparaît plus grande que dans n'importe quel autre organe, y compris les graines.

Les déterminations quantitatives dont nous venons de résumer les principaux résultats n'offrent pas seulement de l'intérêt au point de vue particulier de l'alimentation de l'homme et des animaux, elles apportent, comme il est à peine besoin de le souligner, une contribution importante à la connaissance générale du zinc chez les espèces végétales.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur un problème relatif à l'équation aux dérivées partielles* $\left(\frac{\partial^2}{\partial x^2}+\frac{\partial^2}{\partial y^2}\right)^n u = f(x, y)$. Note (1) de M. **Riquier**.

Considérons, dans le plan des deux axes rectangulaires OX, OY, un contour analytique régulier ne passant pas par l'origine O, et dont les divers points s'obtiennent, chacun une seule fois, en faisant croître de zéro à 2π un certain paramètre $\theta (0 \leqq \theta < 2\pi)$; ce contour est supposé tel, d'ailleurs, que toute demi-droite partant de l'origine le rencontre en un point et en un seul. Considérons en même temps les homothétiques du contour par rapport au point O : en désignant par $\mathcal{C}_r$ celui qui correspond à la valeur r du rapport d'homothétie (il se confond, pour $r=1$, avec le contour donné), nous nommerons *intérieur* du contour $\mathcal{C}_1$ la portion du plan qu'engendre le contour $\mathcal{C}_r$ lorsqu'on fait varier le rapport d'homothétie dans les limites assignées par la double relation $0 \leqq r < 1$.

(1) Séance du 3 décembre 1928.

PROBLÈME. — Désignant par $f(x, y)$ une fonction connue, analytique et régulière à l'intérieur et un peu au delà du contour $\mathcal{C}_1$, on se propose de *trouver une intégrale de l'équation aux dérivées partielles*

$$\left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}\right)^n u = f(x, y) \tag{1}$$

qui satisfasse à l'ensemble des conditions suivantes :

1° *Sauf l'existence permise d'une discontinuité coïncidant avec l'origine* O, *cette intégrale doit être analytique et régulière à l'intérieur et un peu au delà du contour* $\mathcal{C}_1$.

2° *En lui adjoignant ses* $2n - 1$ *premières dérivées prises suivant la normale au contour, ces* $2n$ *quantités doivent se réduire, sur le contour même, à* $2n$ *fonctions analytiques et régulières données de* θ (*admettant la période* 2π).

Une pareille intégrale existe, et il n'en existe qu'une.

Nous rappellerons à ce propos un résultat antérieurement obtenu.

Si le contour $\mathcal{C}_1$ est identique au contour circulaire $x = \cos\theta$, $y = \sin\theta$, si, de plus, la fonction $f(x, y)$, second membre de l'équation (1), vérifie, pour quelque valeur de l'entier k, l'équation aux dérivées partielles

$$\left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}\right)^k f(x, y) = 0,$$

l'équation (1) admet une intégrale, et une seule, satisfaisant à l'ensemble des conditions suivantes :

1° Cette intégrale doit être analytique et régulière à l'intérieur et un peu au delà du contour circulaire spécifié.

2° En lui adjoignant ses $n - 1$ premières dérivées prises suivant la normale au contour, ces n quantités doivent se réduire, sur le contour même, à n fonctions analytiques et régulières données de θ (admettant la période (2π) [1].

CHIMIE ORGANIQUE. — *Déshydratation catalytique des alcools par les bisulfates alcalins.* Note de M. **Jean-Baptiste Senderens.**

I. J'ai montré précédemment [2] comment les alcools des séries grasse, aromatique et hydroaromatique se déshydratent catalytiquement par l'acide sulfurique pour donner des éthers-oxydes et des carbures.

---

(1) Voir le *Journal de Mathématiques*, 5, 1926, p. 385 et suiv.

(2) *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 813; 182, 1925, p. 612.

On pouvait supposer que les bisulfates alcalins, SO^4HM', qui conservent une fonction d'acide sulfurique non saturé auraient des propriétés catalytiques semblables. Ainsi s'expliquerait la déshydratation que j'ai signalée autrefois de la glycérine, trialcool, par le vingtième de son poids de bisulfate de potassium et sa conversion en acroléine, alors que le sulfate neutre de potassium est catalytiquement inactif (1).

S'il en est ainsi, le bisulfate de sodium SO^4HNa doit pouvoir agir comme le bisulfate de potassium sur la glycérine et la catalyser. C'est, en effet, ce qui résulte de mes récentes expériences qui montrent que la glycérine est déshydratée lorsqu'on la chauffe avec le vingtième de son poids de bisulfate de sodium cristallisé ou fondu.

II. Ces premiers résultats m'ont amené à expérimenter avec différents alcools et j'ai reconnu que l'action catalytique des bisulfates alcalins se retrouvait dans les alcools des diverses séries.

Je me bornerai dans cette Note aux cyclanols.

Dans son remarquable travail sur les dérivés du cyclohexane M. Brunel préparait le cyclohexène en déshydratant 100 parties du cyclohexanol par 40 parties de bisulfate de potassium récemment fondu et pulvérisé (2).

J'ai constaté que l'on pouvait réduire à 10 parties et à moins encore le poids de bisulfate de potassium et employer indifféremment le sel fondu ou cristallisé pour obtenir un rendement convenable en cyclohexène.

Le rendement est meilleur lorsqu'on s'adresse au bisulfate de sodium fondu ou cristallisé.

Dans un ballon surmonté d'un tube Vigreux d'une vingtaine de centimètres, muni d'un thermomètre et communiquant par un réfrigérant descendant avec un collecteur refroidi, on fait bouillir un mélange de 100^g de cyclohexanol et de 8 à 10^g de bisulfate de sodium, SO^4HNa, le thermomètre étant maintenu entre 82 et 86°. Au bout d'une heure et demie j'ai recueilli, au-dessus d'une couche d'eau, une quantité de cyclohexène brut qui a fourni, en carbure distillant à 83-84°, les 82 pour 100 de la théorie.

La réaction peut s'interpréter par les deux phases suivantes :

1° $$SO^4HNa + \underset{\text{cyclohexanol}}{C^6H^{11}OH} = SO^4NaC^6H^{11} + H^2O.$$

2° $$SO^4NaC^6H^{11} = \underset{\text{cyclohexène}}{C^6H^{10}} + SO^4HNa.$$

---

(1) *Comptes rendus*, 151, 1910, p. 530.

(2) L. Brunel, *Ann. Chim. et Phys.*, 8e série, 6, 1905, p. 213.

Le résidu étant du cyclohexanol entraîné dans le distillat ou resté dans le ballon, on peut dire que la réaction est sensiblement théorique.

Avec le bisulfate de potassium, outre que la réaction est plus lente et laisse un résidu notable, celui-ci distille jusqu'à 245°, température d'ébullition du *dicyclohexène* que nous avions signalé, M. Aboulenc et moi, dans la déshydratation du cyclohexanol par l'acide sulfurique [1].

La déshydratation du cyclohexanol s'obtient avec deux parties de bisulfate de sodium pour 100 parties de cyclohexanol, mais elle est très lente, car SO^4HNa de même que SO^4HK, étant insoluble dans les cyclanols, l'action catalytique ne s'exerce qu'aux points de contact de ces derniers avec le sel solide et augmente, du moins dans une certaine mesure comme vitesse, avec la quantité de sel employé.

III. Aussi bien qu'au cyclohexanol la déshydratation catalytique par les bisulfates alcalins s'applique à ses homologues ainsi que je l'ai expérimenté avec les méthylcyclohexanols. Les rendements en carbure tétrahydroaromatique sont du même ordre que pour le cyclohexanol.

Ici encore, le bisulfate de sodium l'emporte comme activité sur le bisulfate de potassium.

Cette différence d'activité entre les deux bisulfates semblerait s'expliquer par leur inégale avidité pour l'eau, mise en évidence par les expériences suivantes :

Au-dessus d'un cristallisoir à moitié rempli d'eau j'ai disposé quatre verres de montre contenant chacun le même poids, $2^g,5$ de bisulfates de sodium et de potassium, cristallisés et fondus, le tout recouvert par une cloche de verre.

Dès les premiers instants les bisulfates de sodium sont tombés en déliquescence, et, le quatrième jour, ils étaient totalement liquéfiés. Les bisulfates de potassium, au contraire, étaient encore complètement à l'état solide le dixième jour.

Les expériences se sont poursuivies durant plus d'un mois; voici les augmentations de poids éprouvées par $2^g,5$ de chaque bisulfate, durant les quatre premiers jours :

---

(1) *Comptes rendus*, 186, 1926, p. 831.

Eau absorbée.	Bisulfate de sodium		Bisulfate de potassium	
	cristallisé.	fondu.	cristallisé.	fondu.
	g	g	g	g
Le 1er jour	0,825	0,710	0,065	0,100
Le 2e jour	0,575	0,585	0,060	0,090
Le 3e jour	0,535	0,415	0,090	0,085
Le 4e jour	0,415	0,390	0,100	0,090

Il se pourrait donc que la déshydratation catalytique des cyclanols soit favorisée, dans le cas des bisulfates de sodium, par l'avidité de ces derniers pour l'eau, tandis qu'avec les bisulfates de potassium, l'absorption d'eau est manifestement trop faible pour entrer en ligne de compte dans la réaction.

MICROBIOLOGIE. — *Adaptation expérimentale de spirochètes récurrents à des ornithodores autres que ceux qui les transmettent dans la nature.* Note de MM. **Charles Nicolle, Charles Anderson** et **Jacques Colas-Belcour.**

I. Il est de règle, dans la nature, que tout spirochète récurrent, du groupe de ceux qui sont transmis par des ornithodores, soit lié à une espèce particulière de ces tiques. Chaque espèce héberge son spirochète et le transmet.

Cette règle souffre cependant au moins des demi-exceptions : *Orn. marocanus* transmet en Espagne *Sp. hispanicum*, au Maroc *Sp. marocanum*, qui en est tout au plus une variété. Un même spirochète *Sp. normandi* est, à Carthage, transmis par deux tiques, il est vrai, voisines : *Orn. erraticus* et *Orn. normandi*.

II. Expérimentalement, l'indifférence de l'hôte ornithodore vis-à-vis du spirochète paraît la règle. Nous laisserons de côté les observations, éparpillées dans la littérature parasitologique. La plupart sont contestables puisque les résultats, donnés comme acquis, ont été obtenus par inoculation des tiques broyées et non par leurs piqûres. Nous nous en tiendrons à nos expériences, conduites systématiquement et dans lesquelles la transmission a été toujours cherchée par piqûres.

Nous avons fait transmettre par *Orn. moubata*, agent naturel de transmission de la fièvre des tiques, en plus du spirochète de celle-ci *Sp. duttoni* et de sa variété de Dakar *Sp. crociduræ*, les spirochètes suivants : *Sp. hispanicum*, *Sp. marocanum*, *Sp. sogdianum* du Turkestan et *Sp. normandi* des

terriers tunisiens; par *Orn. savignyi*, chez qui nous n'avons jamais trouvé jusqu'à présent de spirochètes, les mêmes microorganismes; par *Orn. marocanus*, agent de transmission des récurrentes espagnole et marocaine, encore les mêmes spirochètes sauf toutefois *Sp. normandi* (l'expérience serait à recommencer); par *Orn. normandi* des terriers tunisiens, en dehors de *Sp. normandi* et de sa variété carthaginoise, *Sp. duttoni* et *Sp. sogdianum*, les deux seuls spirochètes dont nous ayons tenté l'adaptation à cette tique.

III. Les conditions nécessaires pour la transmission sont : 1° d'employer les nymphes; les adultes s'infectent, mais sont incapables (sauf exception) de transmettre les spirochètes par leurs piqûres; 2° d'utiliser pour le repas infectant un animal dont le sang soit riche en spirochètes. *Sp. gondii* est rarissime chez les animaux qu'il infecte, nous n'avons pu l'adapter à aucun des ornithodores essayés : *Orn. moubata*, *Orn. savignyi*, *Orn. marocanus*.

IV. Toutes les fois que l'expérience a été suivie assez longtemps, nous avons observé la *transmission héréditaire* chez nos tiques. Il semble cependant que cette transmission, qui se prolonge après plusieurs générations chez l'ornithodore naturellement transmetteur, s'arrête plus tôt si l'espèce est étrangère (à la troisième génération pour *Sp. hispanicum* chez *Orn. moubata*). Il est évident que, dans la nature, la transmission héréditaire pure ne se rencontre jamais, puisque les nymphes, nées infectées, se réinfectent tôt ou tard sur les animaux du voisinage dont certains ont éte infectés précisément par elles-mêmes.

V. Dès qu'on cherche à passer d'un ornithodore à un acarien d'un autre genre, à plus forte raison si l'on expérimente avec un invertébré éloigné, on se heurte à des difficultés et vite à des impossibilités d'adaptation. Les seuls résultats obtenus, dans cette voie téméraire, n'ont réalisé qu'une adaptation incomplète : celle de *Sp. gallinarum* à *Orn. marocanus* (nous-mêmes), celles de *Sp. hispanicum* (nous-mêmes) et de *Sp. duttoni* (Mathis) au pou.

VI. Ces résultats, qu'ils soient entièrement ou incomplètement positifs ou bien au contraire négatifs, n'ont rien qui puissent surprendre. Le propre de la vie des êtres est l'adaptation. Celle-ci n'est cependant réalisable que dans des conditions assez strictes. Il faut, pour qu'elle réussisse, la répétition des contacts, les circonstances et le temps.

VII. Une conclusion pratique se dégage, d'autre part, de nos expériences, c'est que le lien qui unit dans la nature un spirochète à un ornithodore est d'ordre seulement géographique. Qu'un spirochète empiète sur l'aire d'un ornithodore avec lequel il ne s'est jamais trouvé en contact ou qu'un ornithodore se trouve transporté sur l'aire d'un spirochète, l'adaptation des deux êtres l'un à l'autre suivra. Il n'y a donc pas, entre les diverses spirochétoses

transmises par les tiques, de barrière qui ne puisse être déplacée. Seule la vie des ornithodores dans le sol bride l'expansion des spirochètes qu'ils transmettent.

ÉLECTIONS.

M. **Serge Bernstein** est élu Correspondant pour la Section de Géométrie par 46 voix contre 3 à M. *George Birkhoff* et 3 à M. *Guido Castelnuovo*.

NOMINATIONS.

M. **A. Lacroix** est délégué au Fourth Pacific Science Congress qui se tiendra à Java, en mai 1929.

CORRESPONDANCE.

MM. **Camille Gutton**, élu Correspondant pour la Section de Physique, et **Louis Léger**, élu Correspondant pour la Section d'Anatomie et de Zoologie, adressent des remercîments à l'Académie.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Departamento de Salubridad publica. *Primer censo de la Lepra*, Mexico, 1927.

2° *Animali e corpi organici pietrificati, metodo* Paris-Castelli.

GÉOMÉTRIE. — *Sur le calcul des opérations sphériques*. Note de M. **Paul Delens**, présentée par M. Hadamard.

Les récents progrès de la géométrie anallagmatique dus aux beaux travaux de MM. Coolidge, Vessiot, Bloch, Hadamard [1] m'ont conduit à développer, sur les bases qui suivent, le calcul des opérations sphériques [2].

---

(1) J.-L. Coolidge. *A Treatise on the Circle and the Sphere* (Oxford, 1916). — E. Vessiot, *Journal de Mathématiques*, 9e série, 2, 1923, p. 99-165. — A. Bloch, *Ibid.*, 9e série, 3, 1924, p. 51-77. — J. Hadamard, *Nouvelles Annales de Mathématiques*, 6e série, 2, 1927, p. 257-270 et 289-320.

(2) Les éléments de ce calcul figurent dans ma Thèse : *Méthodes et problèmes des géométries différentielles euclidienne et conforme* (Paris, 1927).

1. Dans l'espace linéaire à 5 unités des sphères s, un tenseur quadratique fondamental $\mathfrak{U}$ joue le rôle d'*absolu* et d'opération identique; j'utilise ici le groupe restreint Γ des opérations sphériques conservant la *forme* absolue et le produit intérieur de deux éléments qu'elle définit.

Les sphères comprennent les sphères-points $m(m^2=0)$; les autres ont une forme nouvelle unitaire $a(a^2=1)$. Les opérateurs linéaires $\mathfrak{T}$ entre sphères sont les tenseurs (du 2ᵉ ordre) : leurs noyaux polynomiaux ont pour termes des produits ordonnés (sans liaison) de sphères. L'opération s'effectue par un produit intérieur entre la sphère objet et l'opérateur, placé à sa droite; le symbole | de ce produit peut être sous-entendu ici ainsi que dans le produit (composition) des opérateurs, qui s'en déduit par $s'=s\mathfrak{T}$, $s''=s'\mathfrak{T}'=s\mathfrak{T}\mathfrak{T}'$.

La décomposition d'un tenseur en parties symétrique et alternée : $\mathfrak{T}=\mathbf{S}\mathfrak{T}+\mathbf{A}\mathfrak{T}$, est fondamentale; le tenseur conjugué $\mathbf{K}\mathfrak{T}=\mathbf{S}\mathfrak{T}-\mathbf{A}\mathfrak{T}$ est tel que $s\mathbf{K}\mathfrak{T}=\mathfrak{T}s$.

Les cercles et sommes de cercles, ou *torseurs*, ont des noyaux alternés; un cercle est une grandeur alternée *simple*, produit extérieur de 2 sphères : $\mathfrak{A}=aa'-a'a=[aa']$; un torseur général est réductible à la somme de 2 cercles.

Les tenseurs symétriques sont les complexes quadratiques de sphères, ou cyclides *généralisées*. Un tenseur non alterné a un invariant linéaire $\mathbf{I}_1\mathfrak{T}=\mathbf{I}_1\mathbf{S}\mathfrak{T}$, somme des produits intérieurs de ses termes; le double produit intérieur $\mathfrak{T}\|\mathfrak{T}'$ de 2 tenseurs est l'invariant linéaire

$$\mathbf{I}_1(\mathfrak{T}\mathfrak{T}')=\mathbf{I}_1(\mathbf{A}\mathfrak{T}.\mathbf{A}\mathfrak{T}')+\mathbf{I}_1(\mathbf{S}\mathfrak{T}.\mathbf{S}\mathfrak{T}').$$

2. Les tenseurs $\mathfrak{T}$ forment une classe à 25 unités de nombres complexes supérieurs, dont font partie les homographies $\mathcal{G}$ du groupe Γ; d'autre part, les opérations sphériques des groupes à un paramètre se déduisent du *symbole* de l'opération infinitésimale, qui est ici un torseur $\mathcal{H}$ (¹).

L'équation caractéristique *principale* du cinquième degré, $\varphi(\mathcal{H})=0$, a les mêmes coefficients que l'équation $\varphi(\rho)=0$ aux multiplicateurs principaux des éléments latents (de position invariante) de $\mathcal{H}$, pour lesquels $s\mathcal{H}=\rho s$ ou $\rho s\mathfrak{U}$; les éléments latents correspondant à un multiplicateur différent de zéro sont des points; les équations $\varphi(\mathcal{H})=0$ et $\varphi(\mathbf{K}\mathcal{H})=-\varphi(\mathcal{H})=0$ ayant les mêmes coefficients, tous les termes de

(¹) Cf. une remarque de E. Study, *Methoden zur Theorie der ternaeren Formen*, Leipzig, 1889, p. 133 et l'*Encyclopédie des Sciences mathématiques*, I, 5

$\varphi(\rho) = 0$ sont de même parité, et le terme constant manque : on en conclut qu'il y a au moins une racine nulle, correspondant à une sphère *annulée* par $\mathcal{H}$.

Les mêmes conclusions : racines 2-à-2 opposées, au moins une racine nulle, s'appliquent à l'équation *caractéristique* réduite $\psi(\rho) = 0'$; $\psi(\mathcal{H}) = 0$, de degré $\nu \leqq 5$, est l'équation de degré minimum à laquelle satisfait $\mathcal{H}$; ces équations caractéristiques jouent ici un rôle primordial.

L'opération sphérique $\mathcal{G} = e^{\mathcal{H}\tau}$ d'un groupe à un paramètre τ satisfait à l'équation différentielle linéaire $\mathcal{G}' = \mathcal{G}\mathcal{H}$ (les accents indiquant les dérivées par rapport à τ), et par suite aussi à l'équation linéaire plus générale $\Psi(\mathcal{G}) = 0$, dont l'équation caractéristique est $\psi(\rho) = 0$; on doit tenir compte, pour l'intégrale générale, des conditions initiales : $\mathcal{G}_0 = \mathcal{U}$, $\mathcal{G}'_0 = \mathcal{H}$, $\mathcal{G}''_0 = \mathcal{H}^2$, etc.

Les trajectoires de points, ou séries de sphères, du groupe à un paramètre, satisfont de même à l'équation $s' = s\mathcal{H}$, et par suite aussi à $\Psi(s) = 0$, avec les conditions initiales $s'_0 = s_0\mathcal{H}$, $s''_0 = s_0\mathcal{H}^2$, etc. L'équation $s = s_0\mathcal{G} = s_0 e^{\mathcal{H}\tau}$ [mod $\psi(\mathcal{H})$], fournit l'expression paramétrique de s.

Tous les torseurs $\mathcal{H}$ de même équation caractéristique $\psi(\mathcal{H}) = 0$ donnent ici les mêmes calculs et des conclusions semblables; si le degré ν s'abaisse aux valeurs 4, 3, 2, *toutes* les trajectoires du groupe.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Déformation d'une surface avec un réseau conjugué conique*. Note de M. **Marcel Vasseur**, présentée par M. Goursat.

1. Peterson appelle *ligne conique* la courbe de contact de la surface avec un cône circonscrit; le réseau conjugué est supposé donné par les cônes de sommet situé sur la courbe (a), $[a_1(u), a_2(u), a_3(u)]$, ou sur la courbe (b), $[b_1(v), b_2(v), b_3(v)]$; U étant fonction de u, et V de v, la surface S peut être représentée par

$$(1)\quad x = \frac{a_1 U - \overline{a}_1 - (\overline{b}_1 V - \overline{b}_1)}{U - V}, \qquad y = \frac{a_2 U - \overline{a}_2 - (\overline{b}_2 V - \overline{b}_2)}{U - V}, \qquad z = \frac{a_3 U - \overline{a}_3 - (\overline{b}_3 V - \overline{b}_3)}{U - V},$$

où $\overline{a}_1$ désigne $\int U\, da_1$, $\overline{b}_1 = \int V\, db_1$, etc. L'équation de Laplace du réseau est : $\frac{\partial^2 \theta}{\partial u\, \partial v} - \frac{V'}{U - V}\frac{\partial \theta}{\partial u} - \frac{U'}{V - U}\frac{\partial \theta}{\partial v} = 0$, de sorte que si la surface se déforme

(1 ou ∞^1 fois), U et V peuvent, sans restriction, être supposés invariants. La surface déformée est donc définie par les formules analogues

$$(2) \qquad X = \frac{A_1 U - A_1 - (\overline{B}_1 V - \overline{B}_1)}{U - V}, \qquad Y = \ldots, \qquad Z = \ldots.$$

Les conditions nécessaires et suffisantes de l'applicabilité sont

$$(3) \qquad \Sigma(a_1 - b_1)^2 - \Sigma(A_1 - B_1)^2 = 0, \qquad \Sigma(\overline{a}_1 - \overline{b}_1)^2 - \Sigma(\overline{A}_1 - \overline{B}_1)^2 = 0,$$

$$(4) \qquad \Sigma(a_1 - b_1)(\overline{a}_1 - \overline{b}_1) - \Sigma(A_1 - B_1)(\overline{A}_1 - \overline{B}_1) = 0.$$

En vertu de $\frac{d\overline{a}_1}{da_1} = \frac{d\overline{a}_2}{da_2} = \ldots = U$, $\frac{d\overline{b}_1}{db_1} = \frac{d\overline{b}_2}{db_2} = \ldots = V$, l'équation (4) est conséquence des équations (3).

2. L'interprétation géométrique des formules (3), (4) est aisée grâce au Mémoire de M. Gambier sur les mécanismes *trans-* ou *dé-*formables (*Journal de Mathématiques*, 8[e] série, 5, 1922, p. 19-76).

Les courbes (a) et (A) se correspondent ponctuellement (points de même u); (b) et (B) également; quel que soit le point a de (a) ou b de (b), on a $ab = AB$.

M. Gambier a résolu complètement la recherche de ces mécanismes et en a donné une classification en sept types fondée sur l'étude de l'identité $\Sigma a'_1 b'_1 - \Sigma A'_1 B'_1 = 0$, qui ne change pas quand on passe du premier mécanisme $[(a), (b); (A), (B)]$ au second $[(\overline{a}), (\overline{b}); (\overline{A}), (\overline{B})]$. Cette remarque simplifie beaucoup la recherche actuelle qui exige deux mécanismes et non un seul, car les deux mécanismes appartiennent au même type; ici sur une courbe non barrée et sur la courbe analogue barrée, les tangentes aux points homologues sont parallèles. Je reviendrai sur les solutions de ce problème nouveau.

3. Une propriété importante résulte de cette interprétation. On obtient évidemment ∞^2 nouveaux mécanismes pour un tel assemblage en remplaçant le système

$$[(a), (b); (A), (B)] \quad \text{par} \quad [\lambda(a) + \mu(\overline{a}), \lambda(b) + \mu(\overline{b}); \lambda(A) + \mu(\overline{A}), \lambda(B) + \mu(\overline{B})]$$

et le système

$$[(\overline{a}), (\overline{b}); (\overline{A}), (B)] \quad \text{par} \quad [\lambda'(a) + \mu'(\overline{a}), \ldots];$$

U et V se trouvent remplacés par $\frac{\lambda' + \mu' U}{\lambda + \mu U}$, $\frac{\lambda' + \mu' V}{\lambda + \mu V}$, et, sauf homothétie, la

surface primitive (x, y, z) est remplacée par la surface

$$(\lambda x + \mu x_1,\ \lambda y + \mu y_1,\ \lambda z + \mu z_1)$$

avec

$$x_1 = \frac{(a_1 \mathrm{U} - \overline{a_1})\mathrm{V} - (b_1 \mathrm{V} - \overline{b_1})\mathrm{U}}{\mathrm{U} - \mathrm{V}}, \qquad y_1 = \ldots, \qquad z_1 = \ldots,$$

de sorte qu'un couple connu (ou famille ∞^1) fournit ∞^1 couples nouveaux (ou familles ∞^1).

Mlodziejowski a traité, sans l'épuiser, cette question par une méthode différente (*Mathematische Annalen*, 63, 1907, p. 62-84) qui introduit un unique mécanisme (au sens déjà employé) dans l'espace à 4 dimensions, les courbes correspondantes étant tracées sur la sphère $x^2 + y^2 + z^2 + t^2 = 1$, et c'est un fait curieux de retrouver, quelle que soit la méthode employée, un mécanisme dans presque toutes les questions de déformation des surfaces. A chaque *couple* obtenu, le géomètre russe fait correspondre un autre *couple* (unique même dans le cas de ∞^1 déformées) obtenu en laissant les numérateurs fixes et en remplaçant les dénominateurs par

$$\mathrm{U}_1 - \mathrm{V}_1 = \mathrm{U}\,\Sigma(a_1^2 - \mathrm{A}_1^2) - \mathrm{V}\,\Sigma(b_1^2 - \mathrm{B}_1^2) - 2\,\Sigma[b_1(\overline{a_1} - \overline{b_1}) - \mathrm{B}_1(\overline{\mathrm{A}_1} - \overline{\mathrm{B}_1})].$$

Le dernier crochet est bien la différence d'une fonction de u et d'une de v; cette transformation est distincte de celle que j'ai indiquée et peut se composer avec elle.

4. L'exemple de M. Masloff (*Comptes rendus*, 186, 1928, p. 1345) correspond à deux paraboles focales et à une déformation continue : par une circonstance curieuse, au cours de la déformation, cet ensemble parabolique reste *rigide*. On a, avec un paramètre h de déformation,

$$a_1 = 2\left(u - 1 - \frac{h}{4}\right)^{\frac{1}{2}}, \quad a_2 = 2 - u, \quad a_3 = 0, \quad b_1 = 0, \quad b_3 = v, \quad b_3 = -2\left(v + \frac{h}{4}\right)^{\frac{1}{2}},$$

$$\overline{a_1} = 2\left(u - 1 - \frac{h}{4}\right)^{\frac{1}{2}}\left(u + \frac{h}{2}\right), \quad \overline{a_2} = -4 + 2u - \frac{3u^2}{2}, \quad \overline{a_3} = 0, \quad \overline{b_1} = 0, \quad \overline{b_2} = -\frac{3v^2}{2} - 4 - h,$$

$$\overline{b_3} = 2\left(v + \frac{h}{4}\right)^{\frac{1}{2}}\left(v - \frac{h}{2}\right), \qquad \mathrm{U} = 3u - 2, \qquad \mathrm{V} = -3v.$$

5. La déformation, avec réseau cylindrique dans les deux systèmes (surfaces de translation), a été traitée par Peterson et Bianchi (M. Gambier a développé le résultat aux *Nouvelles Annales de Mathématiques*, 20, août-octobre 1920). La déformation, avec un réseau formé de lignes coniques dans un système, cylindriques dans l'autre, a été étudié complètement par

M. Gambier dans le Mémoire déjà cité (*Mécanismes*) et l'unique cas de déformation continue de ce type est celui où une famille de lignes de niveau restent lignes de niveau, problème résolu complètement par M. Goursat.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur le contact de courbes gauches et de surfaces*. Note de M. **Pierre Rivet**, présentée par M. Goursat.

1. s étant l'arc d'une courbe, R, R_1, ..., T, T_1, ... les rayons de courbure et torsion et leurs dérivées successives par rapport à s, les courbes tracées sur une surface S donnée vérifient toutes une même équation $\Phi(R, R_1, R_2, R_3, R_4, T, T_1, T_2, T_3) = 0$; si S est hélicoïdale ou de révolution, R_4 et T_3 disparaissent de Φ; si S est un cylindre de révolution, R_3 et T_2 disparaissent encore; enfin pour la sphère de rayon a, Φ se réduit à $R^2 - a^2 + T^2 R_1^2$. Inversement, toute surface dont toutes les courbes satisfont à $\Phi = 0$ est *égale* à S, d'où le nom *d'équation intrinsèque de* S donné par M. Gambier ([1]) à Φ. En étudiant la réciproque *pour une courbe*, MM. Doubnoff et Finikoff, puis M. Cerf([2]), ont signalé que toute courbe Γ solution de Φ est tracée sur une surface égale à S, *à moins de vérifier une équation* $\Psi = 0$, contenant les R_i, T_j avec un indice inférieur d'une unité à l'indice maximum entrant dans Φ; les courbes Γ_1, solutions de $\Psi = 0$ sont intégrales singulières de $\Phi = 0$; M. Cerf indique un moyen de former Ψ directement sans passer par Φ et signale que $\Psi = 0$ possède elle-même des courbes Γ_2 intégrales singulières, intersections de S avec une surface égale infiniment voisine.

2. Ces résultats rappelés, soit Γ_1 une solution de $\Psi = 0$; *en général*, en chaque point de Γ_1 il existe une surface égale à S, ayant avec Γ_1 en ce point un contact d'ordre 6 (5, 4 ou 3 suivant la catégorie séparée plus haut); *en général*, une courbe ayant en *chaque point* un contact d'ordre 7 (6, 5, 4) avec une surface égale à S, est située sur une surface S fixe et est une courbe Γ; ces résultats sont bien connus pour la sphère; (pour le plan l'équation Φ se réduit à $T = \infty$ et si le contact est d'ordre 3 la courbe est plane). Mais, sauf pour le plan et la sphère, il peut exister des courbes Γ_3 exceptionnelles, (autres que les courbes Γ_2), ayant en chaque point un contact d'ordre supérieur à l'entier indiqué, et néanmoins non tracées sur

([1]) Gambier, *Journal de Math.*, 7, 1928, p. 85-91.
([2]) Gambier, *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 872. — Cerf, *Ibid.*, p. 968.

une surface S; c'est l'étude du système simultané $\Phi = 0$, $\Psi = 0$ qui permet de découvrir, pour chaque surface S ces courbes Γ_3; cette discussion achevée on peut donc indiquer l'entier *minimum* p tel que toute courbe ayant en chaque point un contact d'ordre p avec une surface égale à S soit *nécessairement* située sur une surface S fixe. Pour cette étude il y a lieu de considérer Φ, Ψ comme des variétés à 8, (6, 4, 2) dimensions, plongées dans l'espace à 9 (7, 5, 3) dimensions, les coordonnées dans cet espace étant appelées R, R_1, ... T, T_1, ...; l'intersection de Φ et de Ψ est la totalité (ou une fraction) de la variété V définie par

$$\Phi = 0, \; \Sigma R_{i+1} \frac{\partial \Psi}{\partial R_i} + \Sigma T_{j+1} \frac{\partial \Psi}{\partial T_j} = 0,$$

comptée avec un certain degré de multiplicité supérieur à l'unité; la variété V présente des éléments singuliers correspondant aux courbes Γ_2, Γ_3. Cette étude des courbes Γ_1, Γ_2, Γ_3, satellites de la surface S doit donner des résultats intéressants, car pour le cas le plus simple (sphères) on définit les *courbes à courbure constante*.

3. Malheureusement les équations Φ ou Ψ sont presque impraticables à former, comme le prouve l'exemple suivant pour lequel je donne une indication rapide; $x^2 + y^2 - 1 = 0$ étant l'équation du cylindre C, déplaçons la courbe Γ_1 de façon qu'elle ait constamment un contact d'ordre 4 avec C; en faisant intervenir le trièdre de Serret Frenet en un point M de Γ_1, nous devons écrire les équations

$$(1) \quad \begin{cases} x^2 + y^2 - 1 = 0, \quad ax + by = 0. \quad a'x + b'y = -R(a^2 + b^2), \\ a''x + b''y = 3T(aa' + bb') + R_1 T(a^2 + b^2), \end{cases}$$

qui expriment le contact d'ordre 3, former les combinaisons

$$(2) \quad \begin{cases} 1 = R^2(1 - c^2)^2 + T^2[R_1(1 - c^2) - 3cc']^2, \\ 0 = -c'R(1 - c^2) + Tc''[R_1(1 - c^2) - 3cc'] \end{cases}$$

qui ne contiennent plus que c, c', c'' et exprimer que ces deux équations en c, c', c'' (jointes à $c^2 + c'^2 + c''^2 = 1$) forment un système ayant une *solution double :* le contact sera alors d'ordre 4. En remplaçant dans (2), rendu homogène en c, c', c'', les quantités c, c', c'' par 1, $\rho \cos w$, $\rho \sin w$, on a aisément l'équation en w :

$$(R_1 T \sin w - R' \cos w)^2 + 9T^2 \sin^2 \cos^2 w - 9T^2 R \sin w \cos^2 w = 0,$$

qui doit avoir une racine double. Si, pour avoir une solution aisée on

introduit l'hypothèse $R = \text{const.}$, on trouve $T = \frac{2}{3}$, d'où une *famille d'hélices circulaires de rayon de torsion fixe;* pour R quelconque le contact est exactement d'ordre 4; pour $R = 2$ il devient d'ordre 7 : on a ainsi un exemple précis et élémentaire de courbes Γ_1 et Γ_3. Les courbes Γ_2 sont les sections de C par le paraboloïde $zx - Ay = 0$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Une généralisation d'un théorème de M. Hadamard.* Note (¹) de M. **Mandelbrojt**, présentée par M. Jacques Hadamard.

La forme primitive du théorème concernant les séries admettant le cercle de convergence comme coupure est celle de M. Hadamard : si $n_{i+1} - n_i > an_i\,(a > 0)$, la série de Taylor $\Sigma a_i x^{n_i}$ admet le cercle de convergence comme coupure. Une démonstration particulièrement simple de ce fait est due à M. Faber (²). Cette démonstration s'appuie sur le fait que les polynomes $(x^p + x^{p+1})^{n_i}$ (p entier positif fixe assez grand) correspondant à deux entiers n_i différents n'ont pas de termes à exposant commun si $n_{i+1} - n_i > an_i$.

Mais on voit facilement que si l'on considère une série de Dirichlet $\Sigma a_n e^{-\lambda_n s}$ où les λ_n ne sont plus entiers, l'inégalité semblable à la précédente n'a pas besoin d'être réalisée pour que le développement de $(x + x^2)^{\lambda_n}$ en puissance de la forme $x^{\lambda_n + r}$ ($r = 1, 2, \ldots$) n'ait aucune puissance commune avec celui de $(x + x^2)^{\lambda_m}$ si $\lambda_n \neq \lambda_m$.

I. *Supposons qu'on ait les trois conditions suivantes :*

$$(1) \qquad D = \lim \frac{\log n}{\lambda_n} = 0.$$

$$(2) \qquad 0 < a < |a_n| < b < +\infty.$$

$$(3) \qquad \textit{aucune différence } \lambda_n - \lambda_m \quad (n \neq m)$$

n'est un entier.

Alors on peut conclure que la fonction $f(s) = \Sigma a_n e^{-\lambda_n s}$ ($s = \sigma + it$) (*qui admet* $\sigma = A = 0$ *comme axe de convergence absolue*) *est telle que quels que soient* $\varepsilon > 0$ *et* t *réels fixes les fonctions*

$$f_k(\eta) = f[(t + 2k\pi)i + \eta] \qquad (k = 0, \pm 1, \pm 2, \ldots)$$

(¹) Séance du 3 décembre 1928.

(²) Voir Faber, *Thèse*, Munich, 1903, p. 20. — Voir aussi Mordell, *Journ. of Lond. Math. Soc.*, 2, 1927, p. 146.

jouissent de la propriété suivante : Ou bien

$$(4) \qquad \overline{\lim}\, \mathrm{Max}\, |f_k(\eta)| = \infty \qquad \text{pour } |\eta| \leqq \varepsilon$$

ou bien pour un certain k la fonction $f_k(\eta)$ possède un point singulier dans le cercle $|\eta| < \varepsilon$.

II. *Le théorème précédent aura encore lieu si l'on remplace* (3) *par* (3′) : *pour p entier donné les expressions $(x^p + x^{p+1})^{\lambda_n}$ n'ont pas dans leurs développements en puissances de la forme $x^{p\lambda_n + r}$ $(r = 1, 2, \ldots)$ de termes dont les puissances soient les mêmes pour deux λ_n différents.*

Mais si, dans II, les λ_n sont des entiers les conclusions de ce théorème correspondent au fait que le cercle de convergence de la série (qui est alors de Taylor) $\Sigma a_n z^{\lambda_n}$ est une coupure.

Il contient donc d'une part le théorème de M. Hadamard [la condition (2) n'est pas gênante, on pourra d'ailleurs énoncer II avec une condition qui remplacera (2) et qui sera plus générale] et d'autre part le théorème I.

Pour la démonstration de I et II, posons

$$z = 0 \ \text{ si } s = 0; \qquad e^{-s} = \frac{e^{-z} + e^{-2z}}{2} = e^{-z}\left(\frac{1 + e^{-z}}{2}\right), \qquad (1 + x)^{\lambda_n} = \Sigma b_k x^k.$$

On voit immédiatement que

$$(5) \qquad \left(\frac{e^{-z} + e^{-2z}}{2}\right)^{\lambda_n} = \sum c_k e^{-(\lambda_n + k)z}; \qquad |c_k| < 1.$$

Posons

$$\Sigma a_n e^{-\lambda_n s} = \sum \left(\frac{e^{-z} + e^{-2z}}{2}\right)^{\lambda_n} = \Sigma d_m e^{-l_m z}$$
$$(l_m = \lambda_n + k, \ n = 1, 2, \ldots; \ k = 1, 2, \ldots) \qquad (l_{m+1} > l_m).$$

D'après (3′) ou (3), deux l_m correspondant à deux λ_n différents sont différents. On a

$$(6) \qquad m \leqq \sum_{\lambda_m < \lambda_n + k} (\lambda_n + k - \lambda_m) + \lambda(\lambda_n + k) = c_{n,k}$$

où $\lambda(x)$ désigne le nombre de λ_n inférieurs à x. En posant alors

$$\Sigma e^{-\lambda_n s} = \Sigma d'_m e^{-l_m z},$$

on a, d'après (5) et (6),

$$(7) \qquad \sum_{i \leqq m} |d'_i| < c_{n,k} \leqq \lambda(\lambda_n + k)(1 + \lambda_n + k);$$

donc d'après (1)

$$\lim_{m=\infty} \frac{\operatorname{Log} \sum_{i \leqq m} |d_i|}{l_m} = 0.$$

En désignant par F l'axe à droite duquel $f(s)$ est bornée et holomorphe, sans que ces deux propriétés soient réalisées à droite de $F - \varepsilon$ ($\varepsilon > 0$), on a d'après (1) ([1]) et la partie gauche de (2) que $F = A = 0$, mais

$$\Sigma |a_n| e^{-\lambda_n s} < b \Sigma |d'_m| e^{-l_m \sigma'} \quad (\zeta = \sigma' + it'),$$

donc, d'après (7), $A = F = 0$ et l'axe de convergence absolue A_1 de $\Sigma d_m e^{-l_m z}$ est aussi zéro. Mais la transformation employée montre immédiatement que, si l'on ne compte pas les poids critiques $i(2k+1)\pi$ dans la bande $-\varepsilon < \sigma < \varepsilon$ ce n'est que dans les cercles $|z - 2k\pi i| < \varepsilon$ ($k = 0, \mp 1, \mp 2, \ldots$) que $\Sigma d_m e^{-l_m z}$ ne peut pas posséder à la fois les deux propriétés : être bornée (dans l'ensemble de ces cercles) et holomorphe. On constate assez facilement que ces cercles jouissent certainement de cette propriété envers $f(s)$; en considérant $\Sigma a_n e^{-\lambda_n c} e^{-\lambda_n s}$ avec un c réel arbitraire on obtient immédiatement notre théorème.

Je profite de ces lignes pour compléter ma Note précédente ([2]).

Si $\Sigma(\lambda_n - n) z^n$ ($\lambda_n > n$) *avec le rayon de convergence un reste borné dans la partie de l'étoile rectiligne fermée qui se trouve dans le cercle* $|z| < R$ ($R > 1$), *alors la série* $\Sigma a_n e^{-\lambda_n s}$ *n'a pas d'autres singularités pour* $\sigma > -\log R$ *que les points* $-\log \omega$ *où les* ω *sont obtenus en multipliant de toutes les manières possibles les affixes des points de la frontière de l'étoile de* $\Sigma a_n z^n \left(\overline{\lim} \sqrt[n]{|a_n|}\right) = 1$.

Ce théorème remplace le théorème III de ma Note citée.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la nature des points irréguliers et réguliers et leur distribution sur la frontière d'un domaine.* Note ([3]) de M. **Florin Vasilesco**, présentée par M. Hadamard.

J'ai montré, dans un Mémoire intitulé *Sur les singularités des fonctions harmoniques*, ainsi que dans une autre Note ([4]), qui paraîtront prochaine-

---

([1]) Voir Valiron, *Mémorial des Sciences Math.*, **17**, 1926, p. 15, formule (22).

([2]) Voir *Comptes rendus*, **187**, 1928, p. 798.

([3]) Séance du 3 décembre 1928.

([4]) *Remarques sur « Some notes on the notion of capacity in potential theory »* de M. Kellogg, parue dans *Acta Reg. Univ. Fr. Jos.*, **4**, II, 1928, p. 1.

ment dans d'autres Recueils, l'importance qui s'attache à la résolution du problème suivant : *existe-t-il des ensembles de capacité positive sans points réguliers?*

M. O.-D. Kellogg a démontré récemment ([1]) que *dans l'espace à deux dimensions il n'existe pas de tels ensembles.* Mais les circonstances favorables qui lui ont permis cette démonstration ne se présentent plus dans l'espace à trois ou plus de trois dimensions. La recherche de la solution de ce problème y semble extrêmement délicate. Elle nécessite une connaissance plus intime de la nature d'un point régulier ou irrégulier et de la distribution des points irréguliers sur la frontière d'un domaine. Le but de cette Note est de contribuer à cette connaissance. Dans une Note précédente ([2]), j'ai déjà fait une tentative de ce genre. Mes recherches actuelles m'y ramènent à nouveau.

La régularité d'un point frontière étant une propriété locale, j'ai montré, dans le Mémoire cité, comment on peut se borner à la considération d'un ensemble *réduit* borné, frontière d'un domaine infini et d'un seul tenant. Soient E un tel ensemble et $v(P)$ son potentiel. En un point *irrégulier* P_0 de E, $v(P)$ a une limite inférieure positive $\lambda < 1$.

I. *Toute partie fermée de* E *ne contenant pas* P_0 *produit en* P_0 *un potentiel inférieur, et jamais égal, à* λ.

Considérons maintenant l'ensemble e_n des points de E dont la distance à P_0 n'est pas inférieure à $\frac{1}{n}$. Les ensembles e_n approchent de P_0 et leurs potentiels sont, en ce point, inférieurs à λ. A la limite, il se produit une discontinuité du fait que P_0 arrive sur l'ensemble potentiant E : $v(P)$ acquiert une limite supérieure égale à 1, mais garde λ pour limite inférieure.

Comme une contribution possible au problème qui nous intéresse, remarquons que s'il existait un ensemble de capacité positive sans points réguliers, chacune de ses parties fermées produirait aux points restants un potentiel inférieur à un nombre fixe $\lambda < 1$.

II. *Soit* P_1 *un point régulier de* E. *Quel que soit* ε, *il existe des parties fermées de* E *ne contenant pas* P_1, *et produisant en* P_1 *un potentiel supérieur à* $1 - \varepsilon$.

([2]) *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 526.

([1]) *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 23.

Comme la régularité est une propriété locale, il existe de telles parties dans tout voisinage de P_1 [1].

La comparaison des énoncés précédents est instructive. Elle permet, en outre, d'énoncer le théorème I comme un nouveau *critère* de régularité :

III. *Pour qu'un point de* E *soit irrégulier, il faut et il suffit que toute partie fermée de* E *ne contenant pas ce point, y produise un potentiel inférieur à un nombre* $\lambda < 1$.

2. Le théorème qui suit perfectionne un de mes résultats antérieurs auxquels il est fait allusion dans la Note des *Comptes rendus* citée, de M. Kellogg et la mienne [2].

IV. *Si l'ensemble* E *contient un ensemble parfait* Γ *de points irréguliers, on peut trouver un nombre positif* $\lambda_0 < 1$ *tel que la surface de niveau* S_{λ_0} [3] *passe par* Γ.

Soient, en effet, une suite de nombres positifs $\mu_1 < \mu_2 < \ldots$ tendant vers 1, et Δ_{μ_i} le domaine des points où $v(P) > \mu_i$. Si un point P_1 de Γ appartenait à Δ_{μ_1}, il en serait de même de toute une *portion* Γ_1 de Γ. Si un point P_2 de Γ_1 appartenait à Δ_{μ_2} il en serait de même d'une portion Γ_2 de Γ_1, etc. On sera arrêté à un certain μ_i, sous peine d'avoir sur Γ un point régulier.

Il est aisé de former un tel ensemble E. Soient *dans l'espace à trois ou plus de trois dimensions*, un segment rectiligne (ou un ensemble de capacité nulle) Γ et $\sigma_1, \sigma_2, \ldots$ une suite de sphères [4] ne se touchant pas, tendant vers Γ et dont les rayons décroissent assez vite pour que chaque point de Γ soit irrégulier. E est formé de Γ et de $\sigma_1, \sigma_2, \ldots$.

On peut joindre chaque sphère à la suivante par un canal assez étroit pour ne pas modifier le caractère irrégulier des points de Γ, de manière que le domaine intérieur aux σ_i soit d'un seul tenant. En employant alors un procédé de condensation analogue à celui qui est utilisé dans le Mémoire cité, n° 39, on arrive au théorème suivant :

V. *Il existe des domaines d'un seul tenant, bornés ou non bornés, ayant*

---

[1] Cherchant à me rendre plus claire la nature des points irréguliers et réguliers, j'ai été conduit à cet énoncé par l'élégante démonstration qu'a donnée M. Kellogg du critère de M. Wiener (*Bull. of the American Math. Soc.*, 29, novembre-décembre 1926, p. 617). Je me suis aperçu ensuite que M. Wiener s'était déjà servi d'une telle propriété des points réguliers pour démontrer son critère (*Bull. Mass. Inst. of Tech.*, 2e série, n° 78, 1924, p. 135).

[2] *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 636.

[3] Donc toutes les autres $S_{\lambda'}$, où $\lambda_0 < \lambda' < 1$. (*Comptes rendus*, 187, 1928, p. 636).

[4] Pour simplifier.

une frontière réduite sur laquelle les points irréguliers forment une infinité de lignes analytiques (ou d'ensembles de capacité nulle) *qui sont partout denses.*

Ainsi il peut y avoir sur la frontière *des lignes irrégulières*; dans l'espace à quatre dimensions, des *surfaces irrégulières*, etc.

ÉLASTICITÉ. — *Quelques cas d'équilibre d'élasticité d'un prisme rectangle.* Note de M. **Belzecki**, présentée par M. Mesnager.

La solution du problème d'équilibre du prisme rectangle, dénué de pesanteur, donnée dans ma Note précédente [1] peut être généralisée.

Des fonctions

$$(a)\qquad \begin{cases} T_3 = \Psi_1(z)F_{xy} + \Psi_2(z)f_{xy}, \\ T_2 = \Psi_3(y)F_{xz} + \Psi_4(y)f_{xz}, \\ T_1 = \Psi_5(x)F_{zy} + \Psi_6(x)f_{zy}, \end{cases}$$

dans lesquelles Ψ_i sont des fonctions arbitraires, satisfaisant à l'équation de condition pour que $\Delta\Sigma N_i = 0$. Pour déterminer Ψ_i nous avons les conditions

$$\Delta\Delta T_i = 0.$$

Ces conditions sont remplies si Ψ_{2i+1} ne surpasse pas le premier degré, et si Ψ_{2i+2} ne surpasse pas le troisième degré ($i = 0, 1, 2$).

Je veux donner quelques exemples d'application.

Posons

$$T_2 = 0,$$
$$T_3 = \Sigma(m, Y)\cos(mx) \quad [2],$$
$$T_1 = \Sigma(n, Y)\cos(nz).$$

Pour les tensions normales, on obtient

$$N_1 = -\sum \frac{1}{m}\frac{\partial}{xy}(m, Y)\sin(mx),$$

$$N_3 = -\sum \frac{1}{n}\frac{\partial}{xy}(n, Y)\sin(nz),$$

$$N_2 = \sum\left[\left(A - \frac{B}{m} + By\right)e^{my} - \left(C + \frac{D}{m} + Dy\right)e^{-my}\right]\sin(mx)$$
$$+\sum\left[\left(A' - \frac{B'}{m} + B'y\right)e^{ny} - \left(C' + \frac{D'}{n} + Dy\right)e^{-ny}\right]\sin(nz).$$

$$\sum N_i = -2\sum\left[(Be^{my} + De^{-my})\frac{\sin(mx)}{m} + (B'e^{ny} - D'e^{-ny})\frac{\sin(nz)}{n}\right].$$

---

[1] *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 1461.

[2] $\Sigma(p, Y) = \Sigma[(A + By)e^{my} + (C + Dy)e^{-my}]$.

satisfait à l'équation

$$\Delta \Sigma N_i = 0.$$

Posons sur les surfaces extérieures :

$$\begin{array}{ll} T_3 = T_1 = 0 & \text{pour } y = \pm h, \\ N_2 = 0 & \text{pour } y = -h, \\ N_2 = f_1(x) + f_2(z) & \text{pour } y = h, \\ N_1 = 0 & \text{pour } x = \pm b, \\ N_3 = 0 & \text{pour } z = \pm l. \end{array}$$

Nous obtenons une solution pour un prisme posé soumis à des tensions $f_1(x) + f_2(x)$.

En prenant

$$T_3 = \Sigma(m, Y)\cos(n, x),$$
$$T_2 = \Sigma(n, X)\cos(n, z),$$
$$T_1 = \Sigma(p, Y)\cos(p, z);$$

$$N_1 = -\left[\sum \frac{1}{m}\frac{\partial}{\partial y}(m, Y)\sin(m, x) - \sum n\int(n, X)\sin(p, z)\,dx\right] + \varphi_1(y, z),$$

$$N_2 = -\left[-\sum n\int(m, Y)\sin(m, x)\,dy - \sum p\int(p, Y)\sin(p, z)\,dy\right] + \varphi_2(x, z),$$

$$N_3 = -\left[\sum \frac{1}{n}\frac{\partial}{\partial n}(p, X)\sin(n, z) + \sum \frac{1}{p}\frac{\partial}{\partial y}(p, Y)\sin(p, z)\right] + \varphi_3(x, y) \quad (^1),$$

nous obtenons une solution du problème plus générale. Il reste à poser les conditions aux surfaces extérieures.

Posons $N_1 = N_2 = T_3 = 0$ (problème de Saint-Venant).

Les fonctions F_{xz}, F_{yz}, f_{xz}, f_{yz} ne dépendant pas de z sont fonctions d'une seule variable F_x, F_y, f_x, f_y. En se bornant pour T_1 et T_2 à des termes du deuxième degré, nous trouvons immédiatement les formules de Saint-Venant.

On peut donner une autre forme de solution du problème en prenant :

$$T_1 = \Sigma(A\,\mathrm{sh}\,ny + B\,\mathrm{ch}\,ny)\cos(nx),$$
$$T_2 = \Sigma(C\,\mathrm{sh}\,mx + B\,\mathrm{ch}\,mx)\cos(my),$$
$$N_3 = z[\Sigma(A\,\mathrm{sh}\,ny + B\,\mathrm{ch}\,ny)\sin(nx) + \Sigma m(C\,\mathrm{sh}\,mx + D\,\mathrm{ch}\,mx)\sin(my)] + A_0 + B_0 x + C_0 y,$$

$$n = \frac{\pi}{2h}(2i + 1), \qquad m = \frac{\pi}{2b}(2i + 1).$$

---

(1) En général $\left[\sum \frac{1}{x}\frac{\partial}{\partial y}(x, u) - \Sigma k(x, u)\,du\right]\sin(k, w)$ est harmonique.

En posant

$$T_3 = \Psi_2(z)\,\Sigma A_m\,\mathrm{ch}(mx)\cos(my),$$
$$T_3 = \Psi_4(y)\,\Sigma B_n\,\mathrm{ch}(pz)\,\cos(nx),$$
$$T_1 = \Psi_6(x)\Sigma C_n\,\mathrm{ch}(pz)\,\cos(py),$$

nous trouvons

$$N_1 = \quad \Psi_2(z)\,\Sigma A_m\,\mathrm{sh}\,mz\,\sin(my) - \Psi_4(y)\,\Sigma B_n\,\mathrm{sh}\,nz\,\sin(nx),$$
$$N_2 = -\Psi_2(z)\,\Sigma A_m\,\mathrm{sh}\,mz\sin(my) - \Psi_6(x)\,\Sigma C_m\,\mathrm{sh}(p'z)\sin(py),$$
$$N_3 = \quad \Psi_4(y)\,\Sigma B_n\,\mathrm{sd}\,nz\,\sin(nx) + \Psi_0(x)\,\Sigma\,\mathrm{sh}(pz)\sin(py).$$

Annulant N_i par un choix convenable de m, n, p et donnant à Ψ_{2i+2} la forme $\alpha u + \beta u^3$ (u étant une des lettres x, y, z), nous obtenons la solution d'un prisme tordu autour d'un axe passant par l'origine des coordonnées; ce prisme est soumis sur les surfaces extérieures aux tensions tangentielles, qui peuvent être développées en séries $(\alpha u + \beta u^3)\Sigma C_i\,\mathrm{ch}(ix)\cos(iv)$.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur une formule généralisant l'intégrale de Cauchy et sur son interprétation en Hydrodynamique.* Note de M. **D. Pompeiu.**

1. Dans une Thèse (sur les fonctions polygènes de variable complexe), présentée à la Faculté des Sciences de Paris (novembre 1928), M. Calugaréano, s'occupant des propriétés générales des fonctions d'une variable complexe (sens général), établit aussi une formule que j'ai donnée en 1912 :

$$(1) \qquad f(z) = \frac{1}{2\pi i}\int_C \frac{f(u)}{u-z}du + \frac{1}{\pi}\int\int_{(C)} \frac{f_1(v)}{z-v}d\omega,$$

où : $f(z)$ est une fonction de variable complexe définie à l'intérieur d'un contour simple fermé C (frontière comprise);
u un point (variable complexe) qui décrit le contour fermé C;
v un point qui parcourt tout l'intérieur du domaine (C);
$d\omega$ l'élément d'aire, dans le domaine (C);
$f_1(z)$ la *dérivée aérolaire* de $f(z)$ dans C.

Il est clair que la formule (1) comprend l'intégrale de Cauchy comme cas particulier, car pour une fonction holomorphe $f_1(z)$ est identiquement nul.

2. Dans ce qui suit je me propose de montrer comment la formule (1) traduit en Hydrodynamique le principe de d'Alembert sous la forme même sous laquelle la célèbre proposition a été énoncée par son auteur :

Si l'on décompose les forces appliquées (à un système matériel) en forces

effectives et forces *complémentaires*, ces dernières se font équilibre en vertu des liaisons.

Tel est le principe de d'Alembert.

Appliquons-le à un fluide parfait, à deux dimensions et incompressible.

Soient

$$\rho X, \quad \rho Y \qquad (\rho = \text{densité constante})$$

les projections, sur les axes, de la force *appliquée*, à l'unité d'aire; ensuite

$$\rho X_1, \quad \rho Y_1$$

les projections, sur les axes, de la force *effective*; et

$$\rho X_2, \quad \rho Y_2$$

les projections de la force *complémentaire*.

On aura

$$(2) \qquad \begin{cases} X = X_1 + X_2, \\ Y = Y_1 + Y_2. \end{cases}$$

D'ailleurs

$$(3) \qquad X_2 = \frac{\partial p}{\partial x}, \qquad Y_2 = \frac{\partial p}{\partial y},$$

en supposant, pour simplifier, $\rho = 1$.

D'autre part, si X_1 et Y_1 sont les projections de l'accélération effective, et u et v celles de la vitesse, on a pour un fluide incompressible

$$(3') \qquad \frac{\partial X_1}{\partial x} + \frac{\partial Y_1}{\partial y} + 2 \begin{vmatrix} \frac{\partial u}{\partial x} & \frac{\partial u}{\partial y} \\ \frac{\partial v}{\partial x} & \frac{\partial v}{\partial y} \end{vmatrix} = 0$$

et, si le fluide part du repos, on aura à l'instant initial

$$\frac{\partial X_1}{\partial x} + \frac{\partial Y_1}{\partial y} = 0$$

ou

$$(4) \qquad X_1 = -\frac{\partial q}{\partial y}, \qquad Y_1 = \frac{\partial q}{\partial x}.$$

Ainsi les relations (2) deviennent, pour l'instant initial,

$$X = \frac{\partial p}{\partial x} - \frac{\partial q}{\partial y}, \qquad Y = \frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\partial q}{\partial x},$$

ce qui signifie, en se rapportant à la formule du n° 1 et (X, Y) étant la force

donnée, qu'on se donne la *dérivée aérolaire* et alors la formule (1) montre (voir aussi la Thèse de M. Calugaréano, p. 15) qu'il existe, à une fonction holomorphe près, une fonction

$$p(x, y) + iq(x, y)$$

parfaitement définie.

Mais alors, au moyen des relations (3) et (4), c'est la décomposition (2) qui est réalisée *d'une façon unique et bien déterminée*.

Et c'est là justement le principe de d'Alembert, pour le fluide incompressible, dans l'hypothèse particulière des vitesse initiales nulles.

HYDRODYNAMIQUE EXPÉRIMENTALE. — *Les tourbillons alternés et la loi de similitude dynamique*. Note de M. **Henri Bénard**, présentée par M. M. Brillouin.

J'ai montré [1] que les fréquences mesurées des tourbillons alternés dus aux obstacles cylindriques de forme spéciale employés par moi autrefois ne vérifient qu'assez grossièrement la loi de similitude dynamique. Des raisons variées ont pu contribuer à ce résultat.

I. M. Brillouin, puis M. Kármán au Congrès de Zurich en 1926, avaient attiré mon attention sur le rôle possible de la capillarité comme cause perturbatrice de cette fréquence.

Si T désigne la tension superficielle du liquide, ν son coefficient de viscosité cinématique, si l'on admet que N est fonction de D, V et $\frac{T}{\rho}$, on a, en désignant par M un troisième paramètre sans dimensions,

$$M = \frac{T}{V^2 D \rho} \quad [2],$$

des considérations élémentaires d'homogénéité imposent une relation entre les trois paramètres R, S, M.

Ayant mesuré avec une bonne précision les valeurs de la tension superficielle des quatre liquides, j'ai construit les 71 points (R, S, M) pour voir

(1) *Comptes rendus*, **187**, 1928, p. 1028.

(2) Je remercie M. A. Métral de m'avoir indiqué la forme de ce paramètre qui peut être calculé par une méthode tout à fait générale. Voir de cet auteur : *Homogénéité et similitude en aérodynamique* (*Revue gén. de l'Aéron.*, 8, v, 1928, p. 196, et aussi *Revue gén. de l'Élect.*, **23**, 1928, p. 415 H.

si la représentation de mes observations par une surface à trois dimensions serait plus satisfaisante que la représentation par une courbe dans le plan des (R, S) : l'échec évident m'a montré que l'explication des écarts ne peut pas être basée, uniquement du moins, sur les phénomènes capillaires.

2. Une autre explication m'avait également été suggérée en 1926 par M. Brillouin; P. Dupin et M. Teissié-Solier (¹) l'ont proposée d'une façon indépendante : mes obstacles, trop courts, n'étaient pas assimilables à des cylindres de longueur infinie. Des expériences de ces deux auteurs, effectuées avec des cylindres circulaires, il résulte qu'en désignant par H la longueur immergée, l'assimilation n'est légitime que si le rapport H/D est plus grand que 25. Ils trouvent, pour les valeurs 17 et 8 de ce rapport, une diminution à peu près identique, égale à 20 pour 100, réduite à environ 10 pour 100 quand la distance de l'extrémité libre de l'obstacle par rapport à la paroi fixe est très faible. Or, dans mon cas, le contrôle est facile, toutes les dimensions ayant été notées. Les valeurs de ce rapport se répartissent en trois groupes, savoir : 1° de 26 à 30; 2° de 12,5 à 15; 3° voisines de 7. D'ailleurs, les hauteurs comprises entre le fond de la cuve et l'extrémité inférieure de l'obstacle (valeurs extrêmes $1^{cm},8$ et $4^{cm},8$) n'ont été négligeables dans aucun cas.

Dans l'épure reproduite dans ma précédente Note (*loc. cit.*), j'ai représenté respectivement par un ou deux petits traits obliques placés à la droite du point figuratif, ceux du deuxième groupe et du troisième groupe, pour lesquels il faudrait donc augmenter N, et par suite S, d'environ 20 pour 100, pour ramener mes observations aux conditions d'un cylindre de longueur infinie (²).

De $R = 170$ à $R = 350$, la correction ramènerait bien un grand nombre de mes points, qui sont au-dessous de la courbe Camichel, Dupin et Teissié-Solier, à s'en rapprocher. Par contre, elle augmenterait la dispersion des points par rapport à une courbe moyenne unique. Mais à partir de $R = 410$, tous mes points sont au-dessus de la courbe (prolongée) et la correction les en écarterait encore davantage.

Cette deuxième explication n'améliore donc pas non plus les résultats.

(¹) *Loc. cit.*, 1928; p. 24 et 25.

(²) Sur cette figure, en plus du point $R = 91$; $S = 0,103$ obtenu deux fois, il y en a un autre, également double; $R = 195$; $S = 0,146$, relatif à l'eau sucrée ($c = 20,0$), à peu près en coïncidence avec le point $R = 192$; $S = 0,147$, relatif à l'eau pure, dont il ne se sépare pas à l'échelle adoptée pour la reproduction de l'épure.

3. Mais il me semble que les *fluctuations inévitables des périodes successives* doivent surtout être responsables de la dispersion de mes points (R, S). J'ai montré, et seule la méthode cinématographique et optique a révélé ces fluctuations, qu'elles atteignent 5 et 10 pour 100 dans les meilleurs cas, quelles qu'aient été les précautions expérimentales pour assurer une excellente uniformité du mouvement et une très bonne réalisation mécanique des surfaces polies, planes et parallèles des obstacles; et cela aussi bien pour les valeurs des intervalles consécutifs e des tourbillons d'une même file, que pour leurs vitesses propres v, donc également pour les périodes successives calculées d'après les valeurs de V, v et e. Si les valeurs *individuelles* de v et e sont mesurées avec une extrême précision, les exigences de la méthode optique, en particulier, l'étroitesse du champ cinématographié, font que les *moyennes* n'ont pu, dans chaque course, porter que sur *un très petit nombre de tourbillons consécutifs* d'une même file. La précision, proportionnelle à la racine carrée de ce nombre, a été moindre qu'elle ne le serait par exemple, quand la fréquence le permet, par l'emploi d'une méthode acoustique, méthode où les fluctuations sont ignorées et disparaissent automatiquement. Les basses fréquences de mes tourbillons de 1908 (de 3 à 18) m'en interdisaient l'emploi. On voit, en résumé, que les différentes méthodes se complètent heureusement.

CHRONOMÉTRIE. — *De l'influence des trépidations sur la marche des chronomètres.* Note [1] de M. **G. P. Arcay**, présentée par M. A. Cotton.

I. Les régleurs ont, depuis longtemps remarqué qu'un chronomètre de poche réglé avec beaucoup de soin prend « au porté », au bout de quelques jours, 3, 4 ou 5 secondes de retard. Ce retard a été tantôt attribué aux huiles, tantôt à l'instabilité des alliages constituant le balancier ou le spiral; des expériences faites au Laboratoire de Chronométrie de la Faculté des Sciences de Besançon, en collaboration avec M. A. Tissot ont montré qu'il était uniquement imputable aux légères trépidations subies par la montre.

Cette influence possible des mouvements sur la marche des chronomètres a naturellement de très bonne heure retenu l'attention des marins; si l'examen des feuilles de marche à la mer de nombreux chronomètres n'a pas permis de dégager avec certitude les effets du roulis, l'influence des

---

(1) Séance du 3 décembre 1928.

mouvements saccadés, des trépidations de l'hélice, des coups de marteau des calfats, paraît hors de doute ([1]).

Les expériences de M. P. Ditisheim ([2]) en chemin de fer et de M. Hans Wehrli ([3]) en automobile, ont montré que l'effet général est un très léger retard.

II. Dans mes expériences le chronomètre était placé dans une fausse boîte en bois fixée verticalement ou horizontalement à une mince planchette de sapin longue de 60^{cm}. L'une des extrémités de cette planchette était fixe et l'autre, à chaque tour d'un axe pouvant prendre les vitesses 100, 400, 1400 tours à la minute, était soulevée par un ergot donnant à la montre un déplacement de 2^{mm}.

1° *Les chocs agissent sur la marche et d'autant plus que la cadence est plus rapide.*

Trois chronomètres (balancier Guillaume, spiraux acier) ayant obtenu chacun un bulletin de première classe à l'Observatoire de Besançon, placés à plat sur fond ont donné en 24 heures les marches suivantes (— indique un retard) :

	Avant expérience.	Pendant expérience cadence 1400.	Avant expérience.	Pendant expérience cadence 400.	Avant expérience.	Pendant expérience cadence 100
	s	s	s	s	s	s
X.11298....	−1,2	−12,8	−3	−5,3	−6,1	−7,9
X.21652....	−2	−17,5	−8,8	−9,5	−8	−8,7
X.10302....	+2,5	− 6,1	+1,6	−0,1	+3,2	+2,3

2° *L'effet des trépidations est plus marqué lorsque le chronomètre est horizontal.*

Variation de marche à la cadence 1400 (— signifie un retard) :

Position.	X.11298.	X.21652.	X.10302.
Plat sur fond........................	$-11^s,6$	$-15^s,5$	$-8^s,5$
Montre verticale pendant en haut.....	$-1^s,2$	$-7^s,0$	$-7^s,4$

3° *Dans les limites des cadences employées, l'effet se traduit toujours par un retard.*

4° *Les chronomètres conservent un retard permanent.*

([1]) E. Gaspari, *Chronomètres de marine*, Collection Léauté, p. 58.

([2]) L. Reverchon, *Journal suisse d'horlogerie*, 50e année, 1925, p. 203, et 51e année, 1926, p. 107.

([3]) H. Wehrli, *Journal suisse d'horlogerie*, p. 223.

	Marche moyenne avant les expériences.	Marche moyenne après 24 heures à la cadence 1400.	
X.21652	$-1^s,5$	$-5^s,5$	Bulletins de 1re classe.
X.20347	$+3^s,3$	$+2^s,5$	

5° *L'effet se traduit de la même façon avec un balancier monométallique (non coupé).*

Exemple. — Montre de 45mm de diamètre avec balancier monométallique en laiton et spiral élinvar, placée horizontalement à plat sur le fond (— signifie un retard).

	s
Marche avant les expériences	+18,5
Marche pendant les expériences (cadence 1400)	−17,5
Marche après les expériences	+12

6° *L'effet paraît d'autant plus marqué que la montre a été moins soignée.*

	Retard à la cadence 1400.
a. Chronomètre X. 20347 (bulletin 1re classe, balancier Guillaume, spiral acier)	sec 6,1
b. Montre 45mm de diamètre (qualité courante, balancier monométallique, spiral élinvar)	36

7° *En même temps que le chronomètre prend du retard, l'amplitude des oscillations du balancier diminue.*

Chronomètre ordinaire, balancier compensateur, spiral acier :

Amplitude initiale	240°
Pendant l'expérience (cadence 1400)	110°

8° *La diminution d'amplitude est plus faible avec les chronomètres soignés qu'avec les pièces ordinaires.*

a. Chronomètre ordinaire, balancier compensateur, spiral acier :

Amplitude initiale	240°
Pendant l'expérience (cadence 1400)	110°

b. Chronomètre très soigné, bulletin de 1re classe de l'Observatoire (balancier Guillaume, spiral acier) :

Amplitude initiale	280°
Pendant l'expérience (cadence 1400)	230°

9° *Ce retard de paraît pas être imputable à un défaut d'isochronisme.*

III. Il semble donc que le retard a pour cause un coincement des pivots dans les trous de pierres, coincement d'autant plus facile que les pierres et les pivots ont été moins bien polis. L'essai aux trépidations se révèle donc par suite comme un *critère de qualité* à ajouter à ceux déjà proposés.

ASTRONOMIE STELLAIRE. — *Sur la loi de fréquences des vitesses d'étoiles et la relation entre la grandeur absolue et la vitesse absolue pour les étoiles du type G.* Note de M. **Josef Mikuláš Mohr**, présentée par M. Henri Deslandres.

1. La distribution de fréquences des vitesses absolues d'étoiles du type G, que j'ai trouvée sur le nombre de 519 étoiles, est en accord parfait avec la loi de MM. Adams, Strömberg et Joy, qui l'ont trouvée en étudiant le type K. On peut écrire cette loi par la formule

$$\mathcal{F}(v) = \frac{h\,\mathrm{Mod}}{\sqrt{\pi}\,v}\,e^{-h^2(\log v - \mathrm{A})^2},$$

où le logarithme de v est à base 10 et Mod = 0,43429, A étant la moyenne algébrique de logarithmes des vitesses absolues et h la mesure de la précision. Cette loi diffère alors beaucoup de la loi de Maxwell. D'après le tableau ci-joint on voit que les différences entre le nombre d'étoiles observé et calculé sont très petites pour les étoiles géantes, mais plus grandes pour les naines.

	Étoiles géantes.			Étoiles naines.		
Groupe.	Nombre obs.	Nombre calc.	Diff.	Nombre obs.	Nombre calc.	Diff.
km 0- 10...........	30	30	0	–	–	–
10- 20...........	97	97	0	18	13	+5
20- 30...........	89	89	0	16	21	−5
30- 40...........	54	59	−5	25	22	+3
40- 50...........	36	33	+3	17	22	−5
50- 60...........	13	16	−3	25	18	+7
60- 70...........	11	11	0	13	14	−1
70- 80...........	10	7	+3	10	10	0
80- 90...........	2	5	−3	11	8	+3
90-100...........	4	4	0	6	5	+1
100-110...........	5	3	+2	6	2	+4
110-120...........	2	2	0	1	1	0
120-130...........	3	2	+1	3	1	+2

Les constantes de la loi de fréquences d'Adams-Strömberg-Joy sont données dans le tableau suivant

Grandeur absolue.		h.	r.	$\underline{v}$.	v_p.	$\bar{v}$.	Nombre.
				km	km	km	
$-4,5$	$+3,0$	2,2813	0,209	25,8	15,5	33,2	360
$+3,0$	$+6,7$	2,6518	0,180	48,0	32,9	57,9	159

On peut alors écrire pour les géantes du type G la formule suivante

$$F(v) = \frac{2,281 \text{ mod}}{\sqrt{\pi}\, v} e^{-2,281^2(\log v - 1,4110)^2},$$

et pour les naines

$$F(v) = \frac{2,652 \text{ mod}}{\sqrt{\pi}\, v} e^{-2,612^2(\log v - 1,6811)^2}.$$

2. La relation entre la grandeur absolue M et la vitesse absolue v peut être montrée de différentes manières. En supposant que cette relation est satisfaite soit par la formule d'Eddington et Douglas :

$$v = a + b\text{M},$$

soit par la formule d'Adams-Strömberg-Joy :

$$\log v = a + b\text{M}.$$

nous obtenons les résultats suivants :

$$v = \underset{\pm 1,6}{33,0} - \underset{\pm 0,9}{3,5}\,\text{M}, \qquad \log v = \underset{\pm 0,069}{1,165} + \underset{\pm 0,0376}{0,0621}\,\text{M}, \quad \text{pour les étoiles géantes,}$$

$$v = \underset{\pm 12,2}{21,4} + \underset{\pm 2,8}{8,3}\,\text{M}, \qquad \log v = \underset{\pm 0,087}{1,504} + \underset{\pm 0,0021}{0,0408}\,\text{M}, \quad \text{pour les étoiles naines.}$$

$$v = \underset{\pm 1,8}{32,7} + \underset{\pm 0,5}{5,6}\,\text{M}, \qquad \log v = \underset{\pm 0,017}{1,392} + \underset{\pm 0,0051}{0,0638}\,\text{M}, \quad \text{pour ensemble d'étoiles.}$$

Il est intéressant de remarquer que les deux formules, quoique différentes, représentent à peu près également bien la relation. Pour toutes les étoiles ensemble, l'accroissement d'une grandeur correspond à un accroissement de la vitesse absolue de $5^{\text{km}},6$.

On peut encore donner un tableau qui n'est pas sans intérêt, dans lequel on a groupé les étoiles d'après leurs grandeurs absolues et qui, pour ces groupes d'étoiles, donne les vitesses moyennes et $\overline{\log v}$ (moyenne algébrique de $\log v$) :

Groupe de grandeur.		Nombre.	Grandeur moyenne.	Vitesse moyenne.	log v.
				km	
−4,5	−1,5	19	−2,6	23,0	1,2062
−1,4	−0,5	22	−0,9	34,6	1,3838
−0,4	+0,5	90	+0,1	33,3	1,4133
+0,6	+1,5	150	+1,0	33,4	1,4256
+1,6	+2,5	69	+2,0	32,9	1,4087
+2,6	+3,5	23	+3,1	51,7	1,6730
+3,6	+4,5	42	+4,1	53,0	1,6529
+4,6	+5,5	71	+4,9	53,4	1,6529
+5,6	+6,7	33	+5,9	75,7	1,7829

Ce tableau nous montre que les étoiles les plus brillantes ont nettement la vitesse moyenne la plus petite, dans notre cas environ 20^{km}. Les étoiles les plus faibles ont les vitesses les plus grandes, environ 80^{km}. Dans les limites de grandeur absolue $-1,4$ et $+2,5$, on remarque que la vitesse moyenne reste presque constante avec une valeur de 33^{km}.

ASTRONOMIE. — *Sur la durée de rotation de la planète Vénus.* Note de M. **R. Jarry-Desloges**, présentée par M. Bigourdan.

Dans une précédente Note (¹) (*Comptes rendus*, 187, 1928, p. 648), j'ai relaté les conclusions des recherches de mon collaborateur M. G. Fournier, sur la position de l'axe polaire de Vénus, déduite de ses observations à mon observatoire de Sétif en 1913, 1920 et 1922.

La connaissance de cette position, même en la supposant grossièrement approchée, est de nature à simplifier considérablement l'étude du mouvement des taches en vue d'obtenir la durée de rotation. Cependant, le problème demeure très délicat. En effet, d'accord avec la plupart des astronomes qui ont poursuivi les mêmes recherches, M. G. Fournier a été amené à poser comme prémisse la nature atmosphérique des plages sombres ou claires qu'il a lui-même observées sur la planète, hypothèse, du reste, renforcée par leur disposition en bandes ou zones parallèles, ainsi qu'il l'a constaté.

Il résulte de là qu'il est impossible de compter sur une stabilité durable

(¹) Il y a lieu de rectifier ainsi cette précédente Note aux 27ᵉ et 28ᵉ lignes : *Au lieu de* ... l'angle fait par ce même plan orbital et le plan équatorial, *il faut lire* ... l'angle fait par ce même axe et le plan orbital, de 44°,5.

des aspects dans l'intervalle de plusieurs rotations. Déjà sur Jupiter les recherches de même ordre se heurtent à des difficultés analogues, mais elles sont accrues ici par la faiblesse beaucoup plus grande des contrastes et le manque de définition de la plupart des configurations.

D'un autre côté, il est bien rare que, sur Vénus, il soit possible de suivre un détail sur une très notable portion de sa trajectoire apparente; ceci tient, d'une part à la phase, en général assez prononcée aux meilleures périodes d'observation, et d'autre part à l'éclat du limbe qui, le plus souvent, efface rapidement les faibles contrastes dans son voisinage. En outre, les plages claires deviennent vite très difficiles à apercevoir dès qu'elles s'éloignent du terminateur.

Cependant, en 1922, on a pu, à diverses reprises, enregistrer des détails sombres très loin du méridien central. Malheureusement, l'obliquité de la vision, dans ces circonstances, jointe aux effets de la forte inclinaison de l'axe sur le rayon visuel à cette époque (45° environ), rend très aléatoires les positions ainsi déterminées.

Force est donc de se limiter à des arcs de trajectoire de faible amplitude, obtenus à l'aide de points rigoureusement sélectionnés. Quoique, en 1922, nombre de nos dessins offrent une grande richesse de détails, et manifestent, par leur comparaison, un déplacement évident dans le sens direct, 11 points seulement ont été retenus et étudiés par M. G. Fournier. La discussion de leurs positions a permis d'obtenir, pour l'arc horaire, 11 valeurs dont la moyenne est de

$$16°,10 \pm 1°,48,$$

ce qui correspond à une durée de rotation de 22 heures 21 minutes. En tenant compte de l'erreur probable, on obtient les valeurs extrêmes de $20^h 29^m$ et de $24^h 37^m$.

Si l'on admet le chiffre de $22^h 31^m$, un intervalle de 13 à 16 jours serait nécessaire pour ramener, sensiblement aux mêmes heures, en présence de la Terre, la même face de la planète. Pareille durée, eu égard à la nature des plages, est beaucoup trop grande pour qu'il soit possible de l'utiliser à la recherche d'une valeur plus précise. Par contre, trois couples de dessins, obtenus à des époques distantes d'un jour environ, ont permis de tenter cette correction et conduisent à la valeur rectifiée de 23 heures 53 minutes.

L'écart avec le résultat primitif demeure en deçà des erreurs probables. Du reste, il est à noter que le dernier chiffre implique la stabilité parfaite des aspects pendant la durée d'un jour terrestre, ce qui est loin d'être certain.

Sans retenir aucun des nombres ci-dessus dans leur valeur absolue, il semble cependant que les uns et les autres autorisent à conclure que la période de rotation de Vénus autour de son axe est voisine de celle de la Terre, et lui est vraisemblabement un peu inférieure.

ONDES ÉLECTROMAGNÉTIQUES. — *Sur des oscillateurs à ondes très courtes.* Note de M. E. **Pierret**, présentée par M. G. Ferrié.

Nous avons décrit [1] des oscillateurs à ondes entretenues de 12 à 18^{cm} de longueur, utilisant une ou deux lampes Métal T.M ou T.M.C.; nous avons déjà indiqué que les conditions de fonctionnement de ces oscillateurs n'étaient pas celles des oscillateurs de Barkhausen. En modifiant un peu le dispositif primitif, on peut entretenir soit des ondes très courtes, soit des ondes plus longues de Barkhausen. Nous avons cherché dans quelles conditions s'obtenaient les unes ou les autres.

La grille et la plaque d'une lampe à cornes sont reliées chacune à l'une des extrémités d'une tige en cuivre sur laquelle peut glisser un disque en cuivre qui réfléchit les ondes et permet l'accord; les extrémités opposées sont réunies aux batteries d'accumulateurs qui chargent les électrodes.

Pour toutes les lampes qui nous ont servi, il existe deux tensions de grille, l'une, V_0, au-dessous de laquelle on ne peut obtenir que des ondes de Barkhausen, l'autre, plus élevée, V_1, au-dessus de laquelle on ne peut entretenir que les ondes très courtes, quelle que soit la tension de plaque. Pour les tensions de grille intermédiaires entre V_0 et V_1, les ondes obtenues sont, suivant le potentiel de la plaque (V_p), soit des ondes de Barkhausen, soit des ondes plus courtes. Ainsi, avec une lampe T.M.C. dont la tension de grille était de 240 volts, les ondes de Barkhausen s'obtenaient pour des tensions de plaque comprises entre environ $+5$ volts et -10 volts; le courant de plaque existait toujours dans le sens normal.

$$(\lambda = 58^{cm} \text{ pour } V_p = 0 \qquad \text{et} \qquad \lambda = 42^{cm} \text{ pour } V_p = -10 \text{ volts}).$$

Si l'on abaissait la tension de plaque au-dessous de -10 volts, les oscillations de Barkhausen disparaissaient, le courant de plaque devenait nul, puis réapparaissait très faible ($V_p = -30$ à -60 volts); l'oscillateur entretenait alors des ondes courtes ($\lambda = 18^{cm}$).

---

(1) E. Pierret, *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 1284 et 1601.

Avec des lampes plus grosses (Métal E_4), nous avons pu obtenir, sans changer la tension de plaque, des ondes de Barkhausen ($\lambda = 67^{cm},6$) ou des ondes plus courtes ($\lambda' = 34^{cm},6$), en accordant convenablement la tige de grille; lorsqu'on trouve un tel régime de transition, l'intensité des oscillations est faible. Quand on passe d'un régime d'oscillation à l'autre, il se produit toujours un brusque changement de fréquence d'un octave environ et l'on ne peut obtenir les ondes intermédiaires.

Lors des oscillations de Barkhausen, le courant de plaque est maximum quand les tiges de grille et de plaque, pour des positions convenables des disques sont accordées; l'intensité des oscillations est alors la plus grande possible; les tiges reliées à la plaque et à la grille oscillent toutes deux avec des amplitudes à peu près égales. On obtient encore des oscillations, mais beaucoup plus faibles, lorsqu'on accorde seulement la tige reliée à la plaque, la grille étant directement réunie à la batterie d'accumulateurs et au filament.

Au contraire, dans le cas des ondes très courtes, il est nécessaire que la tige de grille soit accordée et le courant de plaque est maximum quand la tige de plaque n'est pas accordée; les oscillations sont alors intenses sur la tige de grille et nulles sur la tige de plaque; lorsqu'on accorde cette dernière, le courant de plaque et l'intensité des oscillations sur la tige de grille diminuent; on peut obtenir de fortes oscillations en reliant directement la plaque aux accumulateurs et au filament.

Ces faits montrent que dans le cas des ondes de 12 à 18^{cm}, l'accord de la tige de grille est seul nécessaire à l'entretien des oscillations et que la tige réunie à la plaque fonctionne comme un système couplé empruntant, lorsqu'il est en résonance, de l'énergie à l'oscillateur. Les résultats obtenus sont d'accord avec l'idée, déjà émise par nous, que dans les oscillateurs de Barkhausen les électrons oscillent entre la grille et la plaque, tandis que les ondes plus courtes sont engendrées par une oscillation des électrons de part et d'autre de la grille; dans le premier cas, la fréquence des oscillations induites dans les tiges est la même que celle des oscillations électroniques; dans le second cas, elle est double.

Toutes les mesures de longueur d'onde ont été faites avec une ligne couplée à l'oscillateur et une soudure thermo-électrique, mais nous avons pu aussi détecter ces ondes très courtes à l'aide d'une galène et d'une pointe fine intercalées au milieu d'un fil vibrant en demi-onde; un galvanomètre à cadre était placé en dérivation sur le détecteur.

Une détection beaucoup plus stable a été réalisée par un détecteur à

lampe, analogue à l'oscillateur décrit dans une Note précédente (1); le potentiel de la plaque était + 80 volts, la grille restant au potentiel du filament; un téléphone était intercalé sur le circuit de plaque; on accordait la tige réunie à la grille. Pour obtenir un son au récepteur, la grille de l'émetteur était alimentée à l'aide d'une tension continue (+ 245 volts) à laquelle on ajoutait la tension alternative produite par un oscillateur à fréquence audible.

En déplaçant un écran métallique, soit derrière l'oscillateur, soit derrière le récepteur, on obtenait des variations périodiques d'intensité du son reçu, dues à la réflexion sur l'écran et à la production d'un système d'ondes stationnaires. L'approche du corps ou même de la main produisait le même effet.

MAGNÉTISME. — *Balance d'induction de Hughes pour la détermination de la susceptibilité des roches.* Note de M. **G. Grenet**, présentée par M. G. Ferrié.

Les premières mesures systématiques de la susceptibilité magnétique des roches ont été effectuées au moyen d'une balance d'induction de Hughes par Rucker (2).

Depuis cette époque la balance de Hughes trop peu sensible a été remplacée pour ces mesures par la balance magnétique de Curie-Cheneveau ou par des appareils analogues qui présentent tous l'inconvénient de nécessiter l'emploi de très petits échantillons (1^g environ).

J'ai pu, en utilisant les progrès de la technique des courants musicaux, améliorer suffisamment les qualités de la balance de Hughes pour permettre de l'employer pour la détermination de la susceptibilité des échantillons de dimensions moyennes.

Cette balance de Hughes comporte les particularités suivantes :

Le courant alternatif est un courant à 500 périodes environ produit par un petit oscillateur à triodes, les différentes bobines primaires de la balance d'induction faisant partie du circuit oscillant.

L'induction mutuelle qui doit être influencée par l'échantillon magnétique se compose de deux sélénoïdes coaxiaux; la bobine primaire est

(1) E. Pierret, *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 1601.
(2) Rucker, *Proceed. of Roy. Society of London*, 48, 1897, p. 505.

enroulée sur un tube de papier bakelisé de $8^{cm},6$ de diamètre extérieur, le fil de cuivre qui constitue cet enroulement est du $\frac{4}{10}$ 2 couches coton; il a été bobiné au tour en utilisant la vis mère de façon que le bobinage soit aussi uniforme que possible, il occupe une longueur de 32^{cm}.

La bobine secondaire est enroulée sur un cylindre de $6^{cm},4$ de diamètre extérieur l'enroulement bobiné comme celui du primaire est constitué par du fil de cuivre de $\frac{10}{100}$ deux couches coton, la longueur de la bobine est 18^{cm} une prise intermédiaire permet de n'utiliser que 12^{cm}.

Les autres bobines d'induction mutuelle ne présentent pas de particularité à signaler.

Comme appareil de zéro j'ai utilisé un téléphone précédé d'un amplificateur à triodes à cinq étages comportant deux circuits accordés qui diminuent considérablement l'amplification mais qui absorbent les harmoniques.

Pour obtenir un bon zéro, j'ai dû d'une part utiliser des circuits accordés pour éliminer les harmoniques, d'autre part j'ai dû coupler avec certains bobinages de la balance d'induction des spires en court-circuit destinées à créer dans le secondaire une force électromotrice en quadrature avec la force électromotrice principale.

Le zéro étant obtenu l'introduction d'un échantillon magnétique dans lès solénoïdes détruit l'équilibre en provoquant une variation d'induction mutuelle à peu près proportionnelle au produit de sa masse par son coefficient d'aimantation, proportionnalité qui n'est réalisée qu'à 1,5 pour 100 près avec l'appareil que j'ai construit, parce que la longueur des solénoïdes n'est pas infinie par rapport à leur diamètre. La mesure de la susceptibilité se fait en rétablissant le silence au téléphone au moyen d'une bobine d'induction mutuelle que j'ai étalonnée avec un contrôleur d'ondes du type de la Radiotélégraphie militaire.

Cette balance permet avec un champ de 20 gauss seulement d'apprécier un coefficient d'aimantation de 5×10^{-6} C. G. S. pour un échantillon d'une centaine de grammes.

Les réglages préliminaires de l'appareil sont délicats, sa mise au point m'a demandé du temps, mais actuellement, une fois l'appareil réglé, il faut moins de 5 minutes pour déterminer le coefficient d'aimantation d'un échantillon.

Il n'y a pas de difficulté à construire des balances analogues de diamètre différent afin d'étudier des échantillons plus ou moins volumineux avec une précision analogue.

J'ai déjà utilisé cet appareil pour mesurer la susceptibilité de divers échantillons. Voici quelques résultats :

Échantillons.	Coefficient d'aimantation spécifique unités E. M. C. G. S.
Phyllade des Ardennes	11.10^{-6}
Phyllade aimantifère des Ardennes	$2,120.10^{-6}$
Phyllade des Ardennes, autre échantillon	86.10^{-6}
Ariegite à Grenat (Prades)	12.10^{-6}
Bombe à Olivine (Haute-Loire)	61.10^{-6}
Hornblendite feldspathique (Haute-Garonne)	114.10^{-6}
Graphitoschiste (Congo Français)	6.10^{-6}

Ces échantillons proviennent de la collection du Muséum d'Histoire naturelle.

FLUORESCENCE. — *Théorie de la polarisation de la lumière émise par fluorescence.* Note de M. **Paul Soleillet**, présentée par M. Cotton.

Dans une Note antérieure (¹) j'ai montré quels sont les paramètres caractéristiques que l'on est amené à introduire dans l'étude de la polarisation dans les phénomènes de fluorescence. Je vais indiquer quelques-uns des résultats obtenus grâce à l'utilisation de ces quantités dans des problèmes particuliers.

Dans un certain nombre de cas expérimentaux la polarisation normale est diminuée du fait de certains phénomènes accessoires : chocs des atomes à l'état excité contre des molécules de gaz étranger (²), mouvement brownien de rotation (³), rotation de Larmor due à la présence d'un champ magnétique (⁴). Tous ces cas sont caractérisés par le fait que l'élément vibrateur a été déplacé entre l'instant de l'excitation et celui de l'émission.

J'ai pu donner les formules qui relient les neuf paramètres de la nouvelle émission aux neuf paramètres de l'émission normale. Les coefficients introduits sont des moyennes de produits des cosinus directeurs définissant les changements d'orientation des éléments vibrateurs. J'ai indiqué les relations,

(¹) *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 976.
(²) Keussler, *Annalen der Physik*, 82, 1927, p. 793.
(³) F. Perrin, *Journal de Physique et le Radium*, 6, 1925, p. 177.
(⁴) Elridge, *Physical Review*, 24, 1924, p. 234.

entre ces coefficients, qui sont exigées par les symétries particulières et montré que, dans le cas où l'ensemble des déplacements est isotrope, il ne s'introduit que deux coefficients, les moyennes $\overline{\cos^2\alpha}$ et $\overline{\cos\alpha}$, α étant l'angle d'une direction liée à un élément vibrateur avec sa position normale. Dans l'hypothèse de chocs infiniment petits, j'ai retrouvé la formule de F. Perrin ([1]) généralisant la formule d'Einstein du mouvement brownien de rotation. Dans l'hypothèse de chocs quelconques j'ai donné la dépolarisation expérimentale en fonction des paramètres de probabilité des chocs élémentaires, retrouvant comme cas particulier les formules de F. Perrin ([1]). Plus spécialement, dans le cas où la dépolarisation de la lumière émise par résonance est due à la présence de gaz étrangers, j'ai obtenu, même en tenant compte des chocs de second espèce, l'expression de cette dépolarisation en fonction de la pression du gaz étranger et effectué la comparaison avec les résultats expérimentaux de Keussler ([2]). La vérification est assez satisfaisante. Il est à remarquer que $\overline{\cos\alpha}$ ne s'introduit que dans l'étude en lumière circulaire ou elliptique.

En présence d'un champ magnétique agissant suivant l'hypothèse d'Elridge ([3]), les déplacements des éléments vibratoires sont des rotations de Larmor. Les formules générales ont été obtenues, indiquant la possibilité de la mesure de la durée de vie de l'atome à l'état excité, à l'aide d'une excitation en lumière circulaire, même dans le cas où l'excitation en lumière linéaire ne peut fournir aucun renseignement (raie D_1 du sodium, raie verte du thallium). Nous remarquerons encore ici le rôle tout particulier joué par l'excitation en lumière circulaire.

Un autre mode de dépolarisation entièrement distinct a pu être également étudié : c'est la dépolarisation par résonance secondaire. J'ai obtenu les formules dans le cas général d'une absorption anisotrope et développé plus spécialement le cas où l'absorption est isotrope, ce qui est le cas expérimental ordinaire. Enfin, les calculs ont été poussés jusqu'au bout dans quelques cas particuliers susceptibles de vérification expérimentale.

L'étude de l'absorption anisotrope m'a conduit à l'introduction nouvelle de neuf quantités l, c, s, caractéristiques de l'absorption, qui se comportent par changement d'axes de référence comme les quantités L, C, S et $\mathcal{L}$, $\mathcal{C}$, $\mathcal{S}$, caractérisant l'émission ou l'excitation. Dans le cas particulier, où toute

([1]) *Loc. cit.*
([2]) *Loc. cit.*
([3]) *Loc. cit.*

l'énergie absorbée est réémise par l'élément vibratoire sous forme de radiations semblables, ces quantités l, c, s sont entièrement déterminées par les coefficients a_i^j, caractéristiques de l'élément, qui permettent le calcul de l'émission L, C, S, effectuée par l'élément sous l'influence d'une excitation quelconque $\mathcal{L}$, $\mathcal{C}$, $\mathcal{S}$. L'équilibre du rayonnement dans une enceinte isotherme enfermant ces éléments vibrateurs impose d'autres relations entre les l, c, s et les a_i^j, et par suite impose certaines relations entre les a_i^j. Ces relations suffisent, par exemple, à déterminer tous les coefficients a_i^j qui caractérisent un vibrateur elliptique d'ellipse invariable (1).

Ces résultats paraissent montrer que, d'une façon générale, les notations proposées peuvent être utilisées avec succès dans toutes les questions de polarisation où interviennent des éléments vibratoires dont les phases sont indépendantes.

OPTIQUE. — *Indices de réfraction d'une substance mésomorphe à l'état solide.* Note de Mlle **Jacqueline Zadoc-Kahn**, présentée par M. A. Cotton.

En vue de comparer diverses propriétés physiques d'une même substance mésomorphe dans les trois états : cristal solide — phase mésomorphe — liquide isotrope — j'ai mesuré les trois indices principaux du para-azoxyanisol solide.

La méthode du prisme a été employée pour ces mesures. Par refroidissement lent d'une solution saturée (le solvant utilisé était la benzine), on obtient de beaux cristaux de paraazoxyanisol, dont la plus grande dimension atteint $1^{cm},5$. Dans ces cristaux j'ai taillé des prismes dont les faces ont une étendue comprise entre 6^{mm^2} et 30^{mm^2}: Les prismes sont taillés de telle sorte que dans chacun d'eux le plan bissecteur contienne deux des axes d'élasticité optique et que l'arête soit parallèle à l'un de ces axes. Au minimum de déviation, chaque prisme fournit ainsi deux des trois indices de réfraction principaux. Deux prismes suffisent donc pour donner les trois indices. A titre de vérification j'ai taillé trois prismes, de façon à obtenir deux fois la valeur de chacun d'eux.

Voici les résultats obtenus avec des prismes d'angle A, dont le plan bissecteur et l'arête sont orientés exactement à moins d'un degré près :

(1) F. Perrin, *loc. cit.*

($\Theta = 19°$).		$\lambda = 0{,}5893$.	$\lambda = 0{,}5780$.	$\lambda = 0{,}5460$.
Prisme I	n_g	2,198	2,214	2,265
$A = 38°11'$	n_p	1,564	1,565	1,569
Prisme II	n_p	1,564	1,565	1,569
$A = 49°12'$	n_m	1,573	1,575	1,579
Prisme III	n_g	2,199	2,215	2,266
$A = 38°27'$	n_m	1,571	1,572	1,576

Le cristal étant clinorhombique, seul l'axe binaire n_p est un axe principal pour toutes les longueurs d'onde et un prisme taillé pour une certaine radiation, ne donne pas rigoureusement les indices principaux correspondant à toute autre radiation. Mais ici la dispersion des axes est si faible qu'on peut la négliger.

On a donc, d'après les résultats ci-dessus,

$$n_g - n_p = 0{,}634 \quad \text{pour } \lambda = 0{,}5893.$$
$$= 0{,}649 \quad \text{pour } \lambda = 0{,}5780.$$
$$= 0{,}696 \quad \text{pour } \lambda = 0{,}5460.$$

C'est une des plus fortes biréfringences connues. Parmi les corps mésomorphes, il s'en trouve peut-être de plus biréfringents encore que le para-azoxyanisol.

Pour la taille de ces prismes, j'ai utilisé un procédé nouveau qui donne de bons résultats : j'ai usé les cristaux *à l'aide d'un microtome*. On obtient ainsi très facilement de belles surfaces planes, d'aussi grande étendue que l'on veut. Le cristal à tailler est maintenu dans le porte-objet par de la paraffine et les clivages ne gênent pas. On obtient un beau poli en frottant le cristal sur un verre très légèrement dépoli mouillé d'eau.

Le para-azoxyanisol est un cristal tendre, mais avec le microtome on peut tailler aussi des cristaux de la dureté du sucre (dureté comprise entre celle du gypse et celle de la calcite).

LUMINESCENCE. — *Sur la luminescence permanente de certains sels d'uranium cristallisés.* Note de M. **R. Coustal**, présentée par M. Jean Perrin.

Au cours de recherches sur les phosphorescences de longue durée, j'ai été amené à étudier subsidiairement un mode de luminescence propre aux sels cristallisés d'uranium.

Pour observer cette luminosité, il est indispensable d'avoir préalable-

ment sensibilisé l'œil aux faibles lumières par un séjour dans l'obscurité complète, prolongé au minimum 30 minutes.

Le phénomène est indépendant de toute insolation préalable, et le temps est sans influence sur son intensité : un tube de nitrate d'urane conservé à l'obscurité depuis deux ans s'est montré aussi lumineux qu'un tube récemment insolé. La température semble également sans action appréciable du moins entre — 15°C. et + 40°C. L'infrarouge n'a pas d'action visible.

Seuls, les sels à l'état solide, et cristallisés sont lumineux, et la luminescence est d'autant plus intense que la fluorescence à l'ultraviolet est plus belle : ainsi le sulfate est le plus lumineux, le nitrate l'est un peu moins, l'acétate beaucoup moins (il faut alors que l'œil ait séjourné une heure dans l'obscurité), les autres sels fluorescents n'ont qu'une luminescence à l'extrême limite de la visibilité qui ne peut être decelée que d'une manière inconstante après un séjour de l'œil à l'abri de la lumière prolongé plusieurs heures.

L'interprétation la plus rationnelle de ces faits est basée sur la présence simultanée, chez les corps précités, de la fluorescence et de la radioactivité, celle-ci excitant celle-là en permanence; on rend compte ainsi de l'indifférence constatée de la luminosité pour les divers agents physiques.

Le calcul montre que l'énergie de radioactivité est plus que suffisante pour rendre compte du phénomène : en supposant en effet UI en équilibre avec UX_1, UX_2 et UII, mais privé des autres descendants, on trouve que 1^g d'uranium émet 24000 particules α par seconde, représentant une énergie de 0,13 erg/seconde.

Or un photon de lumière verte a une énergie d'environ 4.10^{-12} erg, 1^g d'uranium, si toute son énergie radioactive était transformée en lumière, émettrait donc 3.10^{10} photons.

Or un petit cristal de $UO^2(NO^3)^2, 6H^2O$ du poids de $0^g,1$ cesse d'être visible à partir d'une distance de 3^m, alors que la pupille de l'œil, dilatée par 3 heures de séjour dans l'obscurité absolue, peut avoir un diamètre de près de 8^{mm}.

Dans ces conditions, on calcule que, si toute l'énergie radioactive se transformait en lumière verte, l'œil recevrait 630 photons par seconde, soit au moins 63 fois plus qu'il n'est nécessaire pour rendre compte de la visibilité; le rendement lumineux atteindrait donc une valeur de l'ordre de grandeur 1 pour 100.

RADIATIONS. — *Sur les directions d'émission des photoélectrons.* Note de M. **Pierre Auger**, présentée par M. Jean Perrin.

1. J'ai indiqué dans une précédente Note et dans un article récent [1] les résultats obtenus sur la distribution longitudinale [2] des directions d'émission des photoélectrons produits dans une atmosphère d'hydrogène mêlé de quelques centièmes d'argon par le rayonnement Kα du tungstène. La valeur trouvée pour ω_b, angle de bipartition, c'est-à-dire qui partage en deux parties égales la distribution, était fortement inférieure à celle indiquée par la théorie simple proposée par F. Perrin et moi-même, théorie qui rend par ailleurs parfaitement compte de la *forme* de la répartition, aussi bien longitudinale que transversale [3].

De la grandeur du déplacement vers l'avant du point milieu de la distribution en ω, on peut déduire que la quantité de mouvement dans la direction de propagation des rayons X communiquée en moyenne aux photoélectrons, est notablement plus grande que celle des photons qui leur donnent naissance.

2. Cette étude a été continuée depuis par des mesures faites sur le même gaz avec le rayonnement Kα du molybdène, dont la longueur d'onde (0,71 U. A.) est très supérieure à celle de Kα du tungstène (0,21 U. A.). Les appareils de mesure et de reconstitution des angles vrais sont ceux décrits dans l'article cité, et le nombre de rayons β étudiés a atteint 1200.

Au point de vue de la forme, la répartition suit bien la loi en $\cos^3\omega$ proposée par nous, compte tenu du déplacement d'ensemble vers les petits angles. La valeur de l'angle de bipartition qui caractérise ce déplacement est 77°, inférieure de 6° environ à la prévision théorique [4]. Si l'on évalue le cosinus moyen de $\omega(\overline{\cos\omega})$, qui permet de déterminer la projection moyenne sur la direction du faisceau X de la quantité de mouvement des

(1) *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 758; *Journal de Physique*, 9, 1928, p. 225.

(2) Distribution des rayons secondaires en fonction de l'angle ω que font leurs directions initiales avec la direction de propagation du faisceau excitateur.

(3) Les calculs de Wentzel, basés sur la mécanique ondulatoire, sont dans les cas envisagés ici en accord avec notre théorie simple, et par conséquent présentent le même désaccord avec l'expérience.

(4) Cet angle ω_b théorique est de 82°,40′ si l'on néglige la valeur du niveau K de l'argon vis-à-vis du quantum incident. Si l'on veut en tenir compte, on peut appliquer la formule proposée par F. Perrin et moi-même, et qui donne 83°,10′.

photoélectrons, on trouve 0,169. Enfin l'asymétrie ρ, rapport du nombre de rayon β émis en avant à ceux qui retournent en arrière, est égale à 1,9.

3. De la valeur de $\overline{\cos\omega}$ directement donnée par l'expérience, on peut déduire le nombre σ qui mesure le rapport de la quantité de mouvement moyenne en avant des photoélectrons, à celle des quanta qui les produisent. Ce nombre est ici égal à 1,32 (ou bien 1,41 si l'on tient compte de la valeur du niveau K de l'argon comme je l'ai indiqué). Le tableau comparatif des grandeurs mesurées et calculées pour les deux rayonnements monochromatiques étudiés jusqu'ici est alors le suivant :

Rayonnement excitateur :	W Ka (0,21 U.Å.).	Mo Ka (0,71 U.Å.).
ω_b	69°	77°
$\overline{\cos\omega}$	0,313	0,169
ρ	3,3	1,9
σ	1,31	1,32-1,41

La nouvelle valeur de σ n'est pas identique à celle trouvée pour le tungstène, et se rapproche de celle indiquée par Williams dans une Note provisoire à *Nature* (1). S'il se confirme que la projection en avant soit relativement plus importante pour les rayonnements de grande longueur d'onde, on pourrait peut-être y trouver l'explication des observations d'asymétries notables dans l'effet photo-électrique des rayons ultraviolets, où elle devrait être théoriquement très petite. Des mesures sont en cours à ce sujet.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur l'électrosmose des mélanges d'électrolytes.* Note de MM. **A. Boutaric** et **M. Doladilhe**, présentée par M. Charles Moureu.

A travers un vase poreux, une solution de $CuSO^4$ éprouve un transport électrique vers la cathode, une solution de $Cu(NO^3)^2$ vers l'anode. Nous avons étudié le transport électrique d'une solution contenant à la fois du $CuSO^4$ et du $Cu(NO^3)^2$.

1. Le dispositif utilisé comprenait un vase poreux de Pile, fermé par un bouchon de caoutchouc que traversait un tube de verre de diamètre intérieur

(1) *Nature*, 121, 1928, p. 134.

de 1^{mm}, recourbé à angle droit et plongeant dans la solution, de manière que, par ascension capillaire, le liquide atteignit jusqu'à la courbure de la branche horizontale. Deux repères a et b, étant tracés sur le tube, on mesurait les temps t_1 et t_2 mis par le liquide pour aller de a en b ou de b en a suivant le sens de la différence de potentiel appliquée. La durée du transport étant $t=\frac{t_1+t_2}{2}$, on a pris, comme mesure de la vitesse, l'expression $v=\frac{1000}{t}$. Pour chaque mélange étudié, le vase poreux a été lavé par filtration sous la trompe, d'abord à l'eau distillée, puis avec la solution à étudier, un nombre de fois suffisant pour que la vitesse du transport, qui varie au début après chaque lavage, se fixe à une valeur invariable.

2. Dans le cas d'une solution contenant un seul électrolyte, la vitesse du transport varie : 1° proportionnellement à l'intensité du courant ; 2° en raison inverse de la concentration.

Les mêmes lois subsistent pour les solutions contenant un mélange d'électrolytes. C'est ce que montrent immédiatement les résultats contenus dans le Tableau I relatif à des expériences faites avec des courants d'intensité variable i, sur des solutions obtenues en mélangeant, à volumes égaux, une solution de $CuSO^4\,\frac{N}{100}$ et une solution de $Cu(NO^3)^2\,\frac{N}{118}$, puis diluant dans l'eau distillée un volume v de ce mélange jusqu'à obtenir des volumes $2v$, $3v$, ..., nv.

TABLEAU I.

	Vitesse du transport		
i.	$n=1$.	$n=2$.	$n=3$.
20^{mA}	4,4	8,8	17,6
40	8,8	17,6	35,3
80	17,59	35,3	70,5

3. Nous avons étudié comment varie la vitesse de transport en fonction de la composition de la solution.

Les solutions étudiées étaient obtenues en mélangeant x^{cm^3} d'une solution de $Cu(NO^3)^2\,\frac{N}{p}$ et $(100-x)^{cm^3}$ d'une solution de $CuSO^4\,\frac{N}{q}$.

Dans le cas général, lorsque p et q ont des valeurs quelconques, la courbe représentant la variation de la vitesse de transport v, pour une valeur donnée du courant et une certaine dilution du mélange, part d'une valeur positive pour $x=0$ et aboutit à une valeur négative pour $x=100$, la courbe ayant une forme variable avec le quotient $\frac{p}{q}$. Pour une certaine composition x_n, la valeur du transport s'annule.

Les Tableaux II et III donnent les vitesses de transport observées dans les conditions précédentes, pour une valeur du courant $i = 20^{mA}$ et pour diverses dilutions n.

Tableau II.

Mélange de $CuSO^4 \frac{N}{100}$ et de $Cu(NO^3)^2 \frac{N}{100}$.

x.	v. $n = 1$.	$n = 2$.	$n = 3$.
0	+11,2	+28,4	+56,8
20	+10,25	+20,5	+41,1
50	+ 4,4	+ 8,8	+17,6
70	+ 0,45	+ 0,9	+1,77
90	− 3,25	− 6,5	−13,10
100	− 5,25	−10,5	−21

Tableau III.

Mélange de $CuSO^4 \frac{N}{100}$ *et de* $Cu(NO^3)^2 \frac{N}{118}$.

x.	v. $n = 1$.	$n = 2$.	$n = 3$.
0	+14,8	+28,4	+56,8
20	+10,8	+21,6	+41
50	+ 5,1	+10,2	+20,4
70	+ 1,1	+ 2,2	+ 4,4
90	− 3,2	− 6,39	−12,8
100	− 6,3	−12,6	−25

Dans le cas général, l'examen des graphiques ne conduit à aucune loi simple entre la forme des courbes et la valeur du quotient $\frac{p}{q}$.

La composition qui correspond à un transport nul est reliée à la valeur s du quotient $\frac{p}{q}$ par une relation hyperbolique de la forme $x \times s^{8,7} = 72,5$.

Pour $\frac{p}{q} = 1$, c'est-à-dire lorsque les solutions étudiées ont été obtenues en mélangeant des solutions de $CuSO^4$ et de $Cu(NO^3)^2$ d'égale normalité, la vitesse de transport varie linéairement en fonction de x et la valeur du point neutre correspond à $x_n = 72,5$.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur une méthode rapide de calcul de dissociations homogènes. Application au gaz carbonique.* Note [1] de MM. **Pierre Jolibois** et **Pierre Montagne**, présentée par M. H. Le Chatelier.

On sait que la dissociation du gaz carbonique est exprimée par l'équation

$$\int \frac{L\,dT}{RT^2} + \operatorname{Log} p + \operatorname{Log} K = \text{const.}, \tag{1}$$

où L désigne la chaleur de réaction à la température absolue T, p la pression et K la constante de dissociation.

Si l'on appelle x, y, z les concentrations respectives des trois gaz CO^2, CO, O^2, la valeur de K est donnée par

$$K = \frac{y^2 z}{x^2}. \tag{2}$$

Dans le cas où l'on étudie la dissociation non d'un mélange à proportions quelconques des trois gaz, mais du gaz carbonique pur, on peut exprimer la constante de dissociation en fonction du coefficient de dissociation α de ce gaz :

$$K = \frac{\alpha^3}{(1-\alpha)^2(2+\alpha)}. \tag{3}$$

Le but de cette Note est de montrer que, par des moyens graphiques appropriés, on peut résoudre instantanément ces trois équations, résolution qui donne la solution immédiate des problèmes qui se posent à propos de la dissociation.

L'équation (1) peut être mise sous la forme d'un nomogramme à points alignés [2] qui nous donne les valeurs numériques soit de K, soit de α correspondant à un couple de valeurs numériques de p et de T.

L'équation (2) contient quatre quantités x, y, z, k, les trois premières sont reliées par la relation $x + y + z = 1$. On peut donc représenter cette équation au moyen du diagramme triangulaire par un réseau de courbes, donnant pour chaque valeur de k le lieu des points représentant les concen-

---

(1) Séance du 3 décembre 1928.

(2) M. d'Ocagne, *Traité de Nomographie*, Gauthier-Villars, 1921, 2e édition, Chap. IV, p. 155 et suiv.; *Calcul graphique nomographique*. (*Encycl. scientifique*, Doin, 1908, p. 221 et suiv.; 3e édition, 1924, p. 223 et suiv).

trations x, y, z ; le point correspondant à la dissociation du gaz carbonique est situé sur la droite CD (le point D au tiers de AB à partir de A), droite également graduée en valeurs de α.

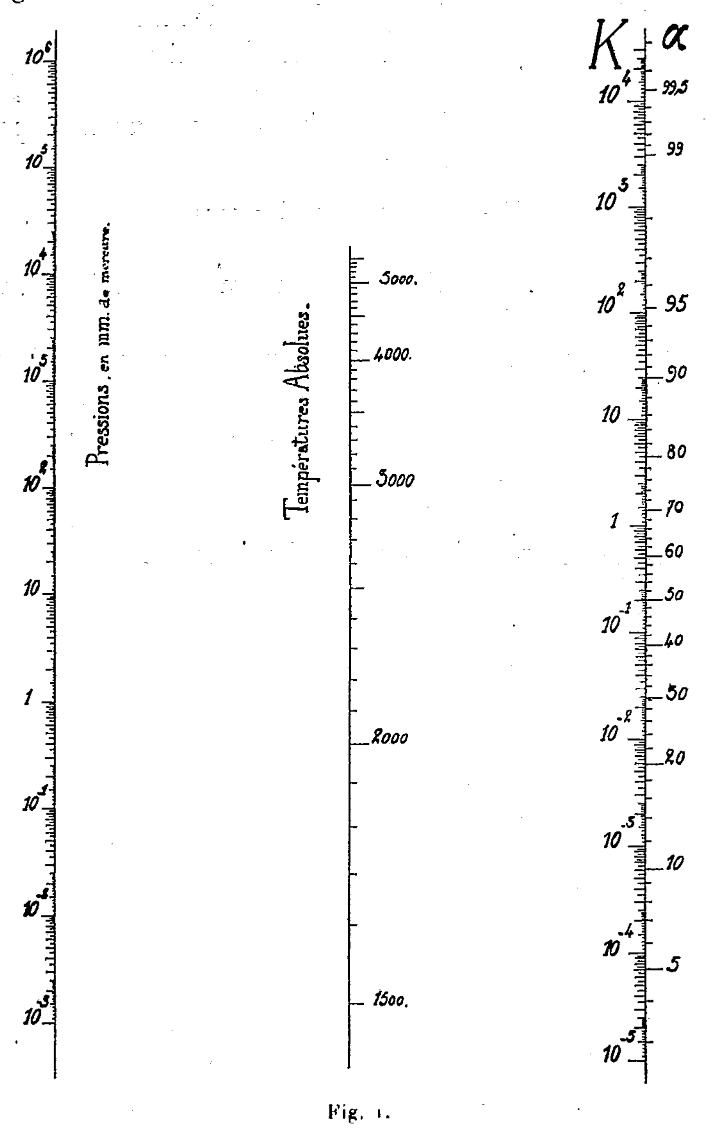


Fig. 1.

Cette représentation permet de résoudre le problème suivant qui se pose dans les phénomènes de dissociation :

Étant donné un mélange hors d'équilibre représenté par le point M, suivant quel chemin ce mélange atteindra-t-il sa composition d'équilibre

représentée par le point H ? Les concentrations suivent dans le retour à

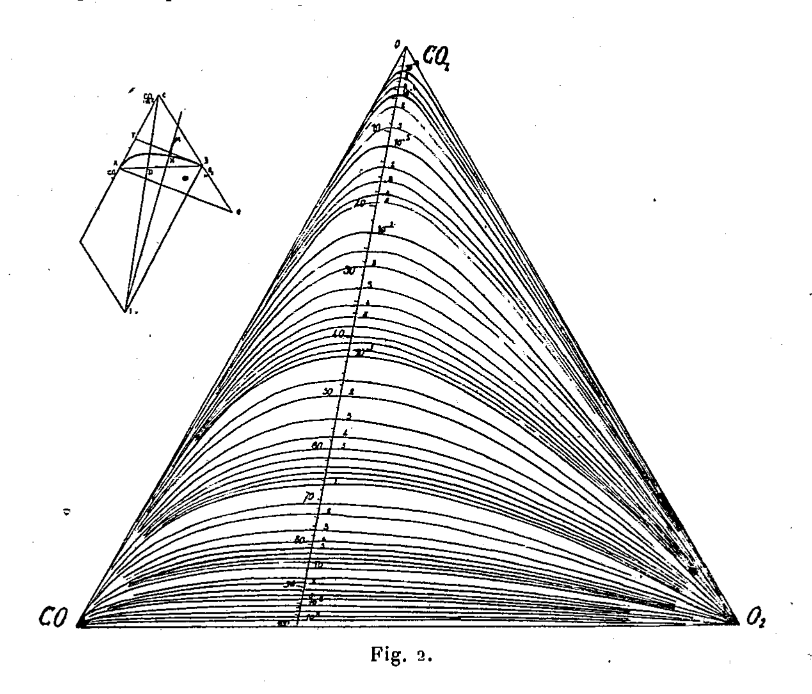


Fig. 2.

l'équilibre le trajet rectiligne MH obtenu en joignant le point M au point I tel que DI = 2CD.

CHIMIE APPLIQUÉE. — *Étude du mécanisme de la stabilisation des poudres à la nitroglycérine par la diéthyldiphénylurée.* Note de MM. **Lécorché** et **Jovinet**, présentée par M. Vieille.

Depuis plusieurs années, l'utilisation de la diéthyldiphénylurée symétrique, appelée encore centralite, pour la gélatinisation de la nitrocellulose et la stabilisation des poudres à la nitroglycérine s'est répandue dans la plupart des pays. Il fallait utiliser en effet pour ces poudres un stabilisant neutre, la nitroglycérine étant saponifiée avec une extrême facilité. La diphénylamine, à fonction légèrement basique, excellent stabilisant pour les poudres B, n'était qu'un stabilisant médiocre pour les poudres à la nitroglycérine.

Nous avons cherché à déterminer le mécanisme de la stabilisation par la centralite, afin d'en déduire une méthode simple de surveillance et d'en

tirer un enseignement pour la recherche de stabilisants du même groupe.

Une étude complète de cette question qui a été développée dans un autre Recueil, nous a permis de trouver et de doser les produits de transformation de la centralite formés pendant la conservation des poudres. De tous, le plus important est l'éthylphénylnitrosamine. Les autres sont en quantité très faible et difficilement dosables.

Le mécanisme de la stabilisation par la centralite de la poudre à la nitroglycérine peut en être déduit très simplement :

Dès que la poudre devient acide, la centralite est hydrolysée, une molécule donnant deux molécules d'éthylaniline qui absorbe immédiatement l'acide nitreux existant pour donner l'éthylphénylnitrosamine, l'acide nitrique étant, en partie tout au moins, absorbé par la centralite pour donner la mononitrocentralite.

De la présence de l'éthylphénylnitrosamine comme produit principal de la transformation, on peut déduire une méthode de surveillance des poudres à la nitroglycérine par dosage, basé sur la réaction colorée que donne cette nitrosamine en présence d'une solution chlorhydrique de naphtylamine α.

La diéthyldiphénylurée apparaît donc, dans le cas des poudres à la nitroglycérine, comme un stabilisant de grande valeur. Elle répond bien à la condition de ne posséder aucune fonction acide ni basique ; d'autre part, sous l'influence de traces d'acides, elle est hydrolysée et débite ainsi, au fur et à mesure des besoins, le corps nécessaire pour neutraliser à chaque instant l'acidité émise par la poudre.

GÉOLOGIE. — *Sur l'action des gaz sulfureux à températures élevées sur les verres et roches basiques et une origine probable des eaux thermales sulfatées.* Note de M. **Albert Portevin**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Au cours de l'étude du recuit des roches fondues et verres basiques on a observé le phénomène suivant. Des échantillons chauffés à 900° dans les gaz d'un four alimenté par un gazogène au coke, et abandonnés ensuite à l'air se recouvraient d'efflorescences blanches formant un enduit superficiel peu adhérent leur donnant l'aspect d'objets couverts de givre; cet enduit givré apparaît ou disparaît selon le degré hygrométrique de l'air, montrant ainsi qu'il s'agit de sels efflorescents.

Ce phénomène trouve bien son origine dans une attaque chimique à haute température par les gaz des foyers, car il ne se produit jamais sur les surfaces des cassures si l'on brise les pièces après recuit.

L'étude chimique de cet enduit a montré qu'il était en majeure partie formé de sels solubles dans l'eau, dont on peut reconstituer la composition d'après l'analyse chimique élémentaire. C'est ainsi que l'on a trouvé par exemple sur un verre basaltique :

Sulfate de sodium..........	82,2 pour 100
» » potassium...	2,8 » »
» » magnésium.......	2,0 » »
» » calcium..........	13,0 » »

La partie soluble est donc entièrement formée de sulfates alcalins et alcalino-terreux parmi lesquels domine le sulfate de sodium qui en constitue les quatre cinquièmes.

Le coke de gaz servant au chauffage des fours de recuit contient une petite quantité de soufre donnant des gaz de combustion légèrement sulfureux. Cette très minime proportion de gaz sulfureux suffit à provoquer à haute température une attaque superficielle, attaque sélective puisque, malgré la très faible proportion d'alcalis contenus dans les verres expérimentés (environ 2,5 pour 100 Na^2O et 2 pour 100 K^2O) et la teneur notable en alcalino-terreux (environ 20 pour 100 de $CaO + MgO$) il se produit presque exclusivement du sulfate de sodium.

A la surface de certains échantillons sortant du four de recuit, le résultat de l'attaque se présente sous forme d'une sorte d'émail transparent, formé d'aiguilles cristallines enchevêtrées qui, sous l'influence de la vapeur d'eau de l'haleine, se givre instantanément, mettant ainsi en évidence l'hydratation du sulfate de sodium.

Tous ces phénomènes disparaissent entièrement lorsqu'on a débarrassé les objets par lavage de l'enduit de sulfates solubles.

Ainsi donc, les gaz sulfureux, même très dilués, attaquent superficiellement à température élevée, les roches et verres basiques en formant des sulfates alcalins et alcalino-terreux et presque exclusivement du sulfate de soude malgré la très faible proportion de soude des roches.

Dans l'ère de décroissance des phénomènes volcaniques, pendant la période des fumerolles, des gaz chauds sulfurés et oxydants passent dans les fissures ou diaclases des roches laviques donnant naissance à des enduits ou dépôts de sulfates solubles. La période de circulation des vapeurs et eaux

chaudes qui lui succède dissout les sels ainsi formés, produit donc des eaux thermales sulfatées alcalines souvent très minéralisées (Pullna, Sedlitz, Hunyady-Janos, etc.). Il n'est pas besoin de rappeler la position géographique de ces sources sulfatées par rapport aux régions volcaniques.

GÉOLOGIE. — *La limite septentrionale des charriages subbétiques entre la Sierra Sagra et le Rio Segura.* Note de M. **P. Fallot**, présentée par M. Pierre Termier.

J'ai montré ([1]) que la limite des charriages subbétiques semble passer au nord de la Sierra Sagra et dans le Massif de la Sierra Seca: en 1928, j'ai suivi cette ligne vers l'Est et parcouru l'avant-pays entre Elche de la Sierra, Fuente del Tay, Yeste, Nerpio et Moratella.

Vers Fuente del Tay, où elles supportent des grès et dolomies considérées comme jurassiques, et à la Rambla del Fontanar où elles comportent des roches éruptives, des marnes bariolées représentent, peut-être, le Keuper, du reste peu caractéristique. Entre Elche de la Sierra et la Loma de la Carrasca affleurent, sous le Miocène transgressif, des formations sableuses ou gréseuses roses, blanches et rutilantes, nettement différentes du Keuper typique, et rappelant au contraire le Crétacé à faciès d'Utrillas. Elles supportent des dolomies appartenant peut-être au Crétacé supérieur.

Entre Elche et Yeste ces dolomies peu ondulées, boisées de pins, affleurent largement, mais de nombreux ravins laissent observer leur substratum de couches versicolores qui sont, aussi, profondément entamées par le Rio Segura. La meilleure coupe est donnée par le versant nord du fleuve vers Yeste. La cote 1100 dominant cette ville au Nord-Ouest est couronnée de calcaires miocènes, transgressifs sur des grès fins, blancs, qui reposent sur les dolomies. Celles-ci forment l'arête de l'Ermita, le Cerro Humoso à l'Est, la Tenada de Bonach au Sud. Entre ces derniers sommets deux torrents parallèles, descendant de Yeste au Rio Segura, ont entamé la série versicolore. Sous la ville et sous la dolomie sa partie supérieure est formée de sables, puis de marnes lie de vin ressemblant à celles du Trias, et dont la base est en partie cachée par les alluvions.

Aux abords du Rio Segura, le chemin de la Graya traverse les arroyos de los Quemados et de Tinjarra et coupe, *sous les couches versicolores*, un

([1]) *Comptes rendus*, **186**, 1928, p. 157.

anticlinal de calcaires marno-gréseux à *Toucasia* sp., *Exogyra latissima* Lk., var. *Aquila* d'Orb., *Liostrea Pasiphae* Coq. sp., *Ostrea* cf. *Palæmon* Coq., *Cerithium Valeriæ* de Vern. et bivalves divers. Ce niveau, sans doute barrémo-aptien, dont le substratum est inconnu, suffit à établir qu'*ici la série versicolore n'est pas triasique*. Le faciès de cet épisode zoogène complète l'analogie de l'ensemble de cette formation néritique et continentale avec le Crétacé inférieur d'Utrillas (Bas Aragon).

La série s'étend au sud du Rio Segura complétée (S^a de los Molares et Rodas) par les dolomies. Recouverte par le Miocène des Sierras de Lagos et Tragoncillo, elle réapparaît (marnes et sables versicolores avec banc à *Toucasia*) dans le ravin du chemin Gontar-Yetas, peu avant ce dernier village.

Le Crétacé à faciès d'Utrillas atteint et dépasse sans doute, vers le Sud, Prado Redondo; les dolomies qui le recouvrent forment le Guillem et les Lomas del Sabinar, et s'étendent en une bande orientée Sud-Ouest-Nord-Est.

Le Miocène limite cette bande au Sud-Est. Largement étendu et plissé selon la zone Nerpio-Sabinar-San Juan Bautista-nord de Moratalla, il supporte les masses chevauchantes venues du Sud-Est qui prolongent, vers le Nord-Est, le massif de la S^a Seca. Ainsi, au sud du Rio Taibillo, il est recouvert par les dolomies et le Keuper des cotes 1237 et 1381 (Castellas) et par les lambeaux de Keuper que coupe la route de Caravaca entre les kilomètres 34 et 35. L'arroyo Tercero passe au pied d'une falaise de Néogène dont la tranche montre le dispositif en synclinal évasé, relevé au Nord-Ouest contre le massif anticlinal de la Cuerda de la Gitana. Dans le berceau synclinal demeure un témoin, d'environ 1^{km} sur 2, formé de marnes bariolées à gypse du Keuper, enrobant des blocs de calcaires à Fucoïdes du Muschelkalk et de dolomies bleues, identiques à ceux que l'on trouve au bord de la zone bétique. La route coupe un autre témoin à l'ouest de Sabinar. Plus à l'Est, la dépression par laquelle, infléchie vers le Sud, elle gagne le col de Tia Lucia est formée de grès et marnes oligo-miocènes, mais des massifs charriés la dominent : à l'Ouest, la Sierra de Gibarraya dont la base admet un puissant amas de Keuper, à l'Est, la Sierra de Morera couronnée de dolomies du Secondaire avec, au contact du Tertiaire, un liseré irrégulier de Keuper.

Par ce sommet, nous abordons la région montagneuse de Caravaca dont, jusqu'à Moratalla, le chevauchement sur le Néogène est manifeste. Le Rio Benamor est creusé dans les marnes tertiaires qui sont chevauchées au Sud

par de puissantes dolomies jurassiques culminant au Buitre (1426m). Un coin écrasé de Tithonique, Crétacé bathyal et Nummulitique, est intercalé au contact. Les Sierras del Fronton et de los Frailes sont des témoins de ces dolomies charriées, flottant en avant de ce front sur le Néogène.

Ce dernier se relève vers le Nord, et, dès le Rio Alarabe et la Sierra de la Muela, le prolongement de la zone anticlinale de la Cuerda de la Gitana réapparaît, formé de Lutétien puis de dolomies crétacées sans doute autochtones.

Vers l'Est, à partir du Barranco Yeseras (nord de Caravaca), la masse charriée est presque uniquement formée de Trias. La ligne de contact anormal passe au sud-est de la route de Calasparra, contourne au Nord-Ouest le massif dolomitique de la Sa de Saint-Miguel et atteint Calasparra où elle disparaît sous le Miocène récent transgressif.

GÉOLOGIE. — *Sur l'extension des couches à Thersitées et à phosphate dans le versant sud de l'Atlas de Marrakech (Maroc).* Note de M. **Léon Moret**, présentée par M. Pierre Termier.

Les formations phosphatées sont connues sur toute la lisière nord de l'Atlas de Marrakech et j'ai montré (1) qu'elles pénètrent très loin dans l'intérieur de la chaîne au sud d'Amismiz. Sur la lisière Sud, elles n'étaient connues jusqu'ici que dans la partie occidentale du Sous, aux abords d'Agadir. Plus à l'Est, et dans le Goundafa, les recherches de L. Neltner (2) ont montré que la couverture posthercynienne de l'Atlas se termine par le Cénomanien supérieur.

Plus à l'Est encore, cette couverture n'existe qu'à l'état de lambeau, mais au delà du Tifnout, en région Glaoua, elle se développe de nouveau en immenses plateaux et, cette fois, la série sédimentaire se complète vers le haut et comporte des affleurements d'Éocène phosphaté, très étendus vers le Sud, et dont on ne soupçonnait pas l'importance.

La constitution de cet Éocène est assez variable dans le détail, mais elle se retrouve à peu près la même sur tous les plateaux.

Voici, à titre d'exemple, une coupe relevée le long de l'Assif Ounila, de haut en bas :

1° Couches sableuses grises;

(1) *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 784.
(2) *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 707.

2° Grès grossier silicifié à silex et lumachelle de petites Huîtres (*O. multicostata* Desh.);

3° Calcaire grossier dur, siliceux, à concrétions calcédonieuses géodiques; nombreux fossiles (Huîtres, Gastéropodes, Turritelles);

4° Couches sableuses phosphatées, quelques silex. A la base de ces couches, banc de marnes rosées pétries d'Oursins (*Mauritanaster Gentili* Lamb.) accompagnés de *Cardita Sablieri* Coq., de Turritelles, de Nautiles;

5° Calcaire dur à patine jaunâtre, formant corniche; nombreux et beaux fossiles silicifiés : *Hemithersitea maroccana* Sav., *Fusus*, *Volutilithes*, *Murex*, *Cassidaria*, *Natica* aff. *debilis* Bay., *Turritella* aff. *Delettrei* Coq., *Turritella* (*Mesalia*) n. sp., *Cardita Chmeietensis* Oppen., *C.* aff., *ægyptiaca* Fraas, *Ostrea multicostata* Desh., Nautiles, dents de Squales, etc;

6° Calcaire crayeux, blanchâtre à Huîtres lisses (*Vulsella*);

7° Marnes rouges et vertes à gypse du Sénonien.

L'Oursin de la couche n° 4 a été déterminé par M. J. Lambert qui l'avait décrit en 1920 d'après des échantillons récoltés par L. Gentil dans la vallée de l'Assif Imar'ren, au nord-est de Tamdacht et dans des couches attribuées au Cénomanien par cet auteur. M. Lambert a toujours insisté dans ses publications sur les affinités tertiaires (Éocène inférieur) de cet Oursin (1).

Le calcaire du n° 5 est riche en Thersitées de toutes tailles, mais surtout en jeunes individus de *Hemithersitea maroccana*, dont je dois la détermination à l'obligeance de M. Savornin. La faune de Mollusques qui accompagne ces Thersitées présente des affinités avec celles de l'Algérie et de l'Égypte bien connues depuis les travaux de Coquand, de J. Dareste de la Chavanne et d'Oppenheim. Mais il y a des différences et je serais tenté de lui attribuer un âge plus ancien, opinion d'ailleurs corroborée par la présence de *Mauritanaster Gentili*, Spatangue dont le degré d'évolution implique, d'après M. Lambert, un âge éocène tout à fait inférieur.

BOTANIQUE. — *Sur l'origine du bois d'Imbuia du Brésil et sur la biologie de l'arbre producteur, le* Phoebe porosa *Mez. de la famille des lauracées.* Note de M. **Aug. Chevalier**, présentée par M. L. Mangin.

Plusieurs bois brésiliens, autrefois assez fréquents sur les marchés et employés dans l'ébénisterie de luxe, notamment le Pao Brasil (*Caesalpinia*

(1) Cf. L. Gentil, *Comptes rendus*, 160, 1915, p. 771, et J. Lambert, *Mém. Soc. Ac. de l'Aube*, 84, 1920, p. 22.

echinata Lamk.) qui a donné son nom à la grande république de l'Amérique du Sud et le Bois de Rose du Brésil (*Dalbergia nigra*, Fr. Allem.) connu en France sous le nom de Palissandre sont devenus quasi introuvables par suite de leur exploitation abusive.

Parmi les bois nouveaux qui les ont remplacés, l'un des plus recherchés pour la fabrication des meubles et pour la menuiserie intérieure de luxe est *l'Imbuia* du Panama, connu sur les marchés du Brésil depuis vingt ou trente ans seulement. C'est aujourd'hui le bois le plus employé en ébénisterie à São-Paulo, à Rio de Janeiro et dans tous les États du Sud du Brésil qui en exportent aussi chaque année aux États-Unis sous le nom de *Brazilian Walnut*. Au mois de juin dernier le Professeur Samuel Record de Yale University me conseilla de faire pendant mon séjour au Brésil des recherches sur l'origine botaniqne de ce bois, origine jusqu'alors inconnue.

Les botanistes et forestiers brésiliens l'ont rapporté tour à tour à la famille des Bignonacées et à celle des Lauracées.

En 1924, S. J. Record plaçait l'Imbuia dans les Lauracées sous le nom de *Nectandra sp.* ([1]) et donnait une description succincte du bois.

Au mois de septembre, sous les auspices de l'École polytechnique de Saô-Paulo, j'ai pu me rendre au Parana, dans la région de Ponta-Grossa. J'ai eu la chance de rencontrer l'Imbuia en boutons floraux, et quelques semaines plus tard un aimable correspondant brésilien M. le Dr Paulo da Silva Leitao me fit parvenir des rameaux en pleine floraison cueillis sur un arbre que j'avais repéré.

A mon passage à Rio, je pus, comparer mes matériaux avec un spécimen de l'Herbier du Musée national récolté par Sellow et étiqueté *Cresdaphne porosa* et constater une très grande analogie entre les deux plantes.

A l'Herbier du Muséum national d'Histoire naturelle de Paris, j'ai pu comparer aussi mes échantillons avec deux autres portant l'indication « São-Paulo », récoltés par Gaudichaud en 1832 et étiquetés par Mez, le monographe des Lauracées américaines, *Phœbe porosa* Mez. Cette espèce typifiée par les spécimens de Sellow et de Gaudichaud est synonyme d'*Oreodaphne porosa*. J'ai constaté leur complète identité.

Le bois d'Imbuia est donc certainement fourni par le *Phœbe porosa* (Nees) Mez. J'ai pu également reconnaître qu'il n'existe qu'une seule espèce

---

([1]) *Timbers of Tropical America*, p. 180.

productrice, bien qu'on connaisse une grande quantité de sortes commerciales de ce bois, dont la teinte varie du jaune clair (jaune bois) au brun avec des veines noires (cœur des vieux arbres et racines âgées).

C'est un très beau bois qui se présente parfois sous forme de larges pièces ayant plus d'un mètre de large. Le *Phœbe porosa* croît dans les forêts humides des États de Parana et de Santa Catharina, de préférence entre 800 et 1200^{m} d'altitude. Il est souvent mélangé aux peuplements d'*Araucaria brasiliana* et de Raté (*Ilex paraguayensis*), et il forme parfois le cinquième du peuplement ligneux de ces forêts.

Il atteint à l'état adulte jusqu'à 35 à 40^{m} de haut, et nous avons vu des troncs mesurant jusqu'à 2^{m} de diamètre. Ses feuilles papyracées, subtrinervées, sont persistantes, mais néanmoins lorsque de nouvelles feuilles font leur apparition, en août-septembre, la plupart des vieilles feuilles se détachent. Ces feuilles se font remarquer par l'existence à la face inférieure de petites acarodomaties à bords ciliés à l'aisselle de la nervure médiane et de certaines nervures secondaires. Ce sont ces petits pertuis qui ont valu à la plante son nom spécifique.

Les inflorescences sont des grappes de cymes insérées à l'extrémité des rameaux, mais au moment de la floraison un bourgeon latéral à feuilles se développe dans le prolongement du rameau florifère et les inflorescences deviennent latérales. Les fruits arrivent à maturité en janvier et tombent sous les arbres, les porcs en sont friands. J'ai constaté qu'une grande partie des fruits avortent et se transforment en galles sphériques (diptérocédidie) de la taille d'un gros pois et qui persistent sur les rameaux jusqu'à la floraison suivante.

Le *Phœbe porosa* qui est voisin d'autres espèces, soit du sud du Brésil (*Bamaena Mez* du Rio-Grande-do-Sul.), soit de l'Uruguay (*P. vesiculosa* Mez), présente de grandes affinités avec certains *Cinnamomum* d'Indochine et s'en rapproche par l'organisation des fleurs, par la structure du bois, par l'odeur camphrée que dégagent toutes les parties de la plante. Il est certain que la démarcation entre les genres Phœbe et Cinnamomum est artificielle et seulement d'ordre géographique.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action favorisante de l'iodure de potassium sur l'iodovolatilisation.* Note de **Pierre Dangeard**, présentée par M. P. A. Dangeard.

Au cours d'expériences sur l'iodovolatilisation, nous avons reconnu que l'iodure de potassium exerçait à certaines doses une influence très remarquable sur l'émission d'iode libre par les Algues.

Lorsqu'on place un tronçon cylindrique de stipe frais de *Laminaria flexicaulis* dans un tube à essai rempli d'eau de mer où l'on a dissous préalablement un millième d'iodure de potassium, on observe au bout de quelques minutes que le liquide, décanté dans un deuxième tube et agité avec quelques gouttes de benzine, renferme une quantité très appréciable d'iode libre. Or un pareil résultat n'est que très rarement atteint dans l'eau de mer normale, à la suite d'iodovolatilisation spontanée.

La même expérience répétée exactement dans les mêmes conditions, ne réussit plus avec les Algues pauvres en iode comme le *Saccorhiza bulbosa* ou l'*Himanthalia lorea;* elle ne réussit pas non plus si le stipe de *L. flexicaulis*, au lieu d'être frais, a été traité au préalable par le chloroforme ou l'éther suffisamment longtemps pour assurer la destruction de l'épiderme.

Il est facile, d'autre part de se rendre compte par des expériences comparatives qu'un stipe de *L. flexicaulis*, déjà actif dans l'iodovolatilisation avant toute expérience, le devient beaucoup plus après un séjour de quelques minutes dans de l'eau de mer tenant en dissolution un millième d'iodure de potassium.

Par conséquent, l'iode libre que l'on peut caractériser dans de l'eau de mer iodurée ayant séjourné au contact d'un stipe frais de Laminaire, provient sans aucun doute d'une émission effectuée par les cellules. D'autre part, les tissus coupés ne sont pas actifs dans l'expérience précédente, car celle-ci peut être réalisée en ne mettant au contact du liquide que la surface du stipe revêtue de son épiderme intact et les résultats obtenus n'en sont pas modifiés. Les cellules périphériques qui sont, comme nous l'avons montré dans un travail antérieur [1], les éléments iodogènes dans l'iodovolatilisation normale, entrent donc seules en jeu.

Il en résulte que l'iodure de potassium agit sur l'assise iodogène et il est

(1) Pierre Dangeard, *Contribution à la connaissance du cycle de l'iode chez les Algues marines* (*Le Botaniste*, 20, 1928, p. 89).

probable que son rôle consiste à fournir aux cellules qui l'absorbent l'aliment de leur production d'iode libre. On s'explique ainsi le renforcement de l'iodovolatilisation normale par suite d'un ravitaillement facile en iodures.

L'action de l'iodure de potassium sur l'iodovolatilisation a des conséquences importantes. Elle se fait, en effet, sentir non seulement sur les diverses espèces de *Laminaria*, mais également sur des Algues peu actives naturellement (*Pelvetia*, *Ascophyllum*, *Fucus*), qui, après un passage d'un quart d'heure dans de l'eau de mer iodurée, volatilisent l'iode abondamment. Elle n'a aucune influence, par contre, sur les Algues qui sont connues pour leur inactivité (*Fucus platycarpus*, *Saccorhiza*, *Himanthalia*, *Chorda filum*, *Bifurcaria*, *Halydris*, etc.). Le résultat négatif obtenu après passage dans de l'eau de mer iodurée confirme donc l'absence de pouvoir iodogène chez ces Algues.

Chez la plupart des Floridées l'action de l'eau de mer iodurée n'a donné aucun résultat. Cependant les quatre espèces suivantes, *Gracilaria multipartita*, *G. confervoides*, *Calliblepharis jubata* et *Chondrus crispus*, après un séjour d'un quart d'heure dans de l'eau de mer tenant en dissolution un millième d'iodure de potassium, ont bleui fortement un papier amidonné avec lequel nous les avons mises en contact.

Parmi ces Floridées, il y en a deux, le *Gracilaria multipartita* et le *Calliblepharis jubata*, qui, à l'état frais et non traités par l'iodure, ont coloré le papier bristol en bleu au bout de quelques heures, sous une pression légère. Or une propriété analogue n'était connue jusqu'ici que chez les Floridées à ioduques (*Bonnemaisonia*, *Asparagopsis*, *Falkenbergia*), d'après Golenkin, Kylin, Sauvageau et Chemin. Ces auteurs ont montré qu'elle est due à la rupture de réservoirs iodés (blasenzellen de Kylin et ioduques de Sauvageau), à la suite de meurtrissure ou de l'action d'un acide. Chez les Gracilariées nous n'avons pas vu d'éléments différenciés du genre des ioduques et ces Algues d'autre part manifestent un dégagement d'iode libre lorsqu'elles sont maintenues par une légère pression au contact d'un papier sensible, mais non quand elles sont écrasées ou quand on les traite par un acide. Il paraît probable dans ces conditions que les Gracilariées doivent être comparées non aux Bonnemaisoniées, mais aux Laminaires et surtout aux Fucacées dont l'iodovolatilisation est faible comme la leur.

Il existe donc, selon nous, chez certaines Floridées des phénomènes d'iodovolatilisation peu intenses comparables à ceux que nous avons découverts chez certaines Fucacées et nous sommes conduit à mettre à part

les Algues à ioduques chez lesquelles il n'a pas été signalé jusqu'ici d'émission d'iode spontanée.

En outre nous indiquons une méthode permettant de favoriser l'iodovolatilisation chez les Algues au moyen d'un séjour de quelques minutes dans un bain d'eau de mer iodurée. Cette méthode trouvera son emploi principalement dans la recherche de l'iodovolatilisation chez les Algues présumées peu actives où elle amplifiera le phénomène.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *L'acide cyanhydrique chez les* Lotus. Note de M. **Paul Guérin**, présentée par M. L. Mangin.

Le genre *Lotus* (Légumineuses-Papilionacées) comprend environ soixante espèces dont une douzaine pour la flore de France. S'il est vrai que la plupart constituent pour le bétail de bons fourrages, quelques-unes, cependant, peuvent être dangereuses en raison de l'acide cyanhydrique qu'elles renferment.

Le *L. arabicus* L., indigène de l'Égypte et du nord de l'Afrique, est la première espèce dans laquelle Dunstan et Henry (1) ont signalé, en 1900, la présence d'un glucoside cyanogénétique qu'ils ont dénommé *lotusine*, donnant par dédoublement, sous l'influence d'un ferment, la *lotase*, différente de l'émulsine, de l'acide cyanhydrique et de la *lotoflavine*. Le *L. australis* Andr., d'après Henry (*Science Progress, juillet* 1906), renferme également de l'acide cyanhydrique.

En 1911, H. E. Armstrong, E. F. Armstrong et F. Norton (2) mentionnent l'existence d'acide cyanhydrique chez le *L. corniculatus* L., récolté pendant l'été sur les bords de la Tamise. James M. Petrie (*Proceed, of the Linnean Society of New South Wales, avril* 1912) cite le *L. edulis* L. parmi les plantes à acide cyanhydrique et M. Mirande (3) fait, en 1913, la même constatation pour le *L. ornithopodioides* L. de la région méditerranéenne.

Plus récemment, en 1925, H. Foley et L. Musso (4) ont obtenu du *Lotus*

(1) W. R. Dunstan et T. A. Henry, *Proc. of the royal Soc.*, 67, 1900, p. 224, et 68, 1901, p. 374.

(2) H. E. Armstrong, E. F. Armstrong et F. Norton, *Chem. News*, 104, 1911, p. 276.

(3) M. Mirande, *C. R. Soc. Biologie*, 75, 1913, p. 434.

(4) H. Foley et L. Musso, *Arch. de l'Institut Pasteur d'Algérie*, 3, 1925, p. 394.

Jolyi Battandier jusqu'à 1g,425 d'acide cyanhydrique par kilogramme de plante fraîche et il est vraisemblable que c'est à cette légumineuse que sont dus les accidents toxiques observés sur le bétail saharien et notamment sur le chameau.

Les recherches que nous avons poursuivies sur ces plantes nous ont amené à signaler l'existence du glucoside cyanogénétique chez d'autres espèces, tout en confirmant et complétant quelques-unes des observations précédentes.

Parmi les espèces de France, le *L. tenuis* Waldst. et Kit. (*L. tenuifolius* Reich.) se montre particulièrement riche en acide cyanhydrique : le papier picro-sodé de L. Guignard prend, en moins d'une heure, en présence de 5g de la plante entière broyée, additionnée de quelques centimètres cubes d'eau, une teinte rouge brique très accentuée. Le *L. Requieni* Mauri, espèce italienne, a donné, dans des conditions analogues, et très rapidement, un résultat nettement positif. Il en a été de même avec de jeunes pousses de *L. creticus* L. Le virage du papier s'est également produit, mais plus lentement, avec le *L. Gebelia* Vent., de l'Orient.

La feuille semble bien être l'organe le plus riche en principe cyanogénétique. Ce dernier peut également se rencontrer dans la corolle, chez le *L. corniculatus* L., par exemple, mais, dans cette espèce, la racine n'en renferme pas trace.

Les gousses encore jeunes et vertes, avec les ovules qu'elles renferment, se montrent, dans toutes les espèces étudiées, dépourvues ou à peu près, d'acide cyanhydrique et les graines de *L. corniculatus* L. et de *L. ornithopodioides* L. n'ont provoqué aucun changement de teinte du papier picro-sodé.

Toutefois, si les graines de *Lotus* ne contiennent pas de glucoside cyanogénétique, celui-ci apparaît dès le début de la germination dans la jeune plantule où il est facile de mettre l'acide cyanhydrique en évidence, même en opérant sur de très faibles quantités : 12 à 15cg de feuilles primordiales de *Lotus creticus* L. et de *L. ornithopodioides* L. En opérant sur un gramme de plantules des mêmes espèces n'ayant épanoui que leurs deux cotylédons, on obtient, au bout d'un quart d'heure, une coloration rouge brique très intense du papier picro-sodé, tandis que semblable résultat n'est atteint, en opérant dans des conditions identiques, qu'au bout de 6 heures environ, avec le *L. corniculatus* L.

Quelle que soit l'espèce considérée, les cotylédons et les premières feuilles de la jeune pousse se montrent plus riches en principe cyanogénétique que l'hypocotyle et la tige épicotylée.

Les *L. conimbricensis* Brot. (*L. coimbrensis* Willd.), *L. hispidus* Desf., *L. uliginosus* Schk. (*L. major* Sm.) n'ont provoqué aucun changement de teinte du papier picro-sodé. Le résultat a été également négatif avec le *L. villosus* Burm. Par l'absence totale de principe cyanogénétique, le *L. uliginosus* Schk. se distingue ainsi nettement du *L. corniculatus* L. dont il ne diffère que très peu par les caractères morphologiques.

Le *Tetragonolobus siliquosus* Roth (*Lotus siliquosus* L.) et le *T. purpureus* Mœnch (*Lotus Tetragonolobus* L.) se montrent également dépourvus d'acide cyanhydrique.

La teneur en acide cyanhydrique du *L. corniculatus* L. n'étant que de $0^g,20$, en moyenne, par kilogramme de plante fraîche, on conçoit que cette espèce ne soit pas toxique pour le bétail par lequel elle est, d'ailleurs, plutôt recherchée. Aussi sa culture a-t-elle été largement préconisée au cours de ces dernières années. Bien que des dosages de l'acide cyanhydrique n'aient pas encore été effectués dans les autres espèces que nous avons étudiées, il semble toutefois permis de penser, à en juger par leur action comparative sur le papier picro-sodé, que les *L. tenuis* Waldst., *L. ornithopodioides* L., *L. Requieni* Mauri et *L. creticus* L. sont plus riches en glucoside cyanogénétique que le *L. corniculatus* L.

Des recherches ultérieures nous fixeront à cet égard, en même temps qu'elles nous renseigneront sur les variations que peuvent présenter les *Lotus*, au point de vue de leur teneur en principe cyanhydrique, aux diverses périodes de leur végétation et suivant les régions.

PHYSIOLOGIE. — *Énergétique des mouvements oculaires.* Note de M. **Serge Youriévitch**, présentée par M. d'Arsonval.

Le cinégraphe oculaire [1] enregistrant les mouvements oculaires sans fatigue permet d'étudier ces mouvements oculaires et de préciser les données de l'observation.

L'excitation lumineuse étant à la base du fonctionnement de l'œil, ce dernier commence dès que l'œil se trouve en présence d'un milieu éclairé. Ce milieu est composé d'une part, d'objets immobiles, et d'autre part, d'objets en mouvement. Le comportement de l'œil dans ces deux cas présente deux formes opposées du même phénomène énergétique.

1. *En présence d'objets en mouvement,* le regard est capté par ces derniers et les mouvements oculaires sont ou bien absents ou bien réduits au strict minimum pour suivre la translation de ces objets. Le cinégraphe oculaire pendant un film, l'écran tenant dans le champ visuel indique l'immobilité de l'œil. Un phénomène analogue a lieu en regardant fuir le paysage dans un train en marche. Un très grand nombre d'images est ainsi procuré

---

[1] *Comptes rendus*, 187, 1928. p. 844.

à la rétine sans dépense d'énergie musculaire, ce qui donne une sensation de repos et d'agrément malgré de longues heures d'un pareil régime. C'est une des raisons du succès du cinéma et des voyages. Ces données peuvent être utilisées pour la thérapeutique des états de fatigue.

La fréquence des mouvements d'objets environnants comme les pas des promeneurs et les battements d'un métronome passe pour l'œil par un optimum qui est pour nombre de sujets, de 100 mouvements à la durée de 40 à 60 secondes; alors le regard se trouve attiré et capté par ces mouvements. Si ces derniers sont plus rapides ou plus lents, les yeux les évitent et cherchent par des mouvements oculaires à se procurer des excitations lumineuses en rapport avec leur régime normal.

2. *Dans un entourage immobile*, l'œil commence à exécuter une série de mouvements que nous appellerons son régime cinétique normal. Ce régime est composé de périodes de repos et de mouvements soit verticaux, soit horizontaux, soit d'exploration de l'espace qui seront examinés dans une prochaine Note. Sans entrer dans les détails et en ne considérant que le *nombre* des mouvements oculaires, c'est-à-dire celui d'images variées dans l'unité de temps procurées à la rétine, on trouve des constantes remarquables. Pour des sujets différents, le nombre des mouvements oculaires oscille autour d'une moyenne de 100 mouvements en 60 secondes. Ce régime des mouvements oculaires normaux paraît coïncider avec le régime optimum pour l'œil de mouvements exécutés par des objets environnants et qui oscille comme nous l'avons dit autour de la même moyenne.

Il ressort de ces faits que l'œil a, comme le cœur, un régime synergique normal dont la fonction, parmi d'autres, est de procurer à la rétine une quantité constante, du reste calculable, d'excitations lumineuses, nécessaires au fonctionnement psychophysiologique de cet organe. L'œil ferait dans un milieu immobile et éclairé environ 7000 mouvements par heure ou 100000 dans les 16 heures de veille, chiffre réduit entre autre par les temps de fixation d'objets en mouvements; le nombre d'images variées amenées ainsi sur la rétine restant du reste voisin du nombre indiqué, car l'œil recommence normalement ses mouvements dès que le milieu redevient immobile.

Le régime cinétique de l'œil est intimement lié aux deux principales alternances de la vie psychique : les états de veille et les états de sommeil. Pendant le sommeil, quand les paupières sont closes et dans l'obscurité, l'œil est immobile. Dès que les paupières s'entr'ouvrent dans le demi-réveil et laissent filtrer de la lumière même diffuse, ou quand un rayon apparaît dans une pièce obscure, on peut voir l'œil reprendre ses mouvements

habituels. Les rayons lumineux étant les principaux générateurs de ces mouvements.

Les mouvements oculaires peuvent être considérés comme les corollaires des états de conscience active. Les états mentaux et affectifs ont du reste une influence sur le rythme de ces mouvements. Par contre l'immobilité de l'œil dans l'obscurité et la fixation du regard pratiquée dans l'hypnotisme engendrent des états de somnolence et le sommeil.

Les mouvements oculaires possèdent ainsi un double caractère : celui des mouvements réflexes et celui des mouvements volontaires, dualisme qui est à la base même de l'énergétique des mouvements oculaires.

BOTANIQUE. — *La répartition géographique des Fucacées et des Laminaires sur les côtes occidentales de la péninsule ibérique.* Note de MM. **G. Hamel** et **J. Feldmann**, présentée par M. L. Mangin.

Au cours d'un voyage sur les côtes occidentales de la péninsule ibérique, nous avons pu constater que cette région joue un grand rôle au point de vue de la répartition géographique des Algues et, en particulier, des Fucacées et des Laminaires. Si l'on étudie ces deux groupes au nord du Portugal, dans la région du Minho, on trouve une végétation assez semblable à celle de nos côtes bretonnes (*Pelvetia*, *Fucus platycarpus*, *F. vesiculosus*, *F. ceranoides*, *Ascophyllum*, *Himanthalia*, *L. saccharina*, *L. Cloustoni*, *Saccorhiza*) avec, en plus, quelques Algues méridionales (*Laminaria pallida*, *Phyllaria reniformis*). Au contraire, si la récolte est faite dans les environs du cap Saint-Vincent, la région littorale présente un aspect tout différent : les *Fucus*, *Himanthalia* et *Ascophyllum* ont disparu et les rochers, à basse mer, sont couverts de Sargasses (*S. vulgare*) avec quelques autres Algues septentrionales (*Saccorhiza* et *Cystoseira ericoides*)

M. Sauvageau a déjà signalé que le cap Ortegal, entre Rivadeo et La Corogne, jouait un rôle important dans la distribution géographique des Algues espagnoles; une seconde région importante est la longue côte sableuse qui s'étend au nord du Portugal et qui arrête un certain nombre de Fucacées et de Laminaires.

Le tableau suivant peut être dressé :

I. *Cap Ortegal.* — Marque la limite méridionale des *Fucus serratus*, *Laminaria flexicaulis*, *Halidrys siliquosa* et la limite septentrionale du *Laminaria pallida* et du *Phyllaria purpurascens* (épave à la Corogne).

L'*Halidrys* n'a été trouvé qu'à l'état d'épaves à Biarritz, Rivadeo et La Corogne par M. Sauvageau et à Foz do Douro par Hauck; un fragment qui avait longtemps flotté a été recueilli dans la ria de Vigo. Il est probable que sa limite Sud est le golfe de Gascogne (peut-être même la côte Nord).

II. *Nord du Portugal.* — Marque la limite méridionale des *Ascophyllum nodosum, Himanthalia lorea, Fucus ceranoides, Pelvetia canaliculata, Laminaria saccharina, L. Cloustoni.*

Toutes ces espèces ont été trouvées en place à l'embouchure du Minho (sauf le *L. Cloustoni* en épaves nombreuses) et ont été vainement cherchées aux environs de Lisbonne et dans le sud du Portugal. Bien que l'*Himanthalia* se rencontre parfois en épave à Lisbonne et à Tanger il n'y a pas été trouvé en place.

III. On ne doit pas s'éloigner beaucoup de la frontière espagnole pour trouver un autre point important, Biarritz qui marque la limite septentrionale des *Sargassum vulgare* et *Phyllaria reniformis.*

IV. Enfin quatre espèces descendent plus au Sud et leur limite méridionale doit être cherchée en Afrique; ce sont : *Fucus platycarpus, F. vesiculosus, Saccorhiza bulbosa* et *Bifurcaria tuberculata.*

MÉCANIQUE ANIMALE. — *Sur la détermination expérimentale de la résistance à l'avancement des Poissons.* Note de MM. **A. Magnan** et **A. Sainte-Laguë**, présentée par M. d'Arsonval.

Nous avons rappelé dans une Note antérieure (1) le dispositif cinématographique imaginé par MM. Huguenard, Magnan et Planiol pour déterminer la trajectoire des avions en vol et qui comprend une cinémitrailleuse à double objectif donnant sur la même pellicule une image nette d'un cadre-repère situé à 2m25 du centre optique et d'un avion évoluant dans les airs.

Ce même appareil est susceptible d'être employé pour toute étude de mouvement et en particulier pour la recherche de la résistance à l'avancement en général, surtout dans le cas d'un mobile sans moteur ou à moteur arrêté dont le mouvement est freiné par le milieu. On peut dire qu'à ce sujet le champ à exploiter est immense et s'étend aussi bien aux navires,

(1) Huguenard, Magnan, Sainte-Laguë. — *Sur la détermination expérimentale de la polaire d'un avion et d'un oiseau en vol* (*Comptes rendus*, 187, 1928, p. 559).

submersibles qu'aux dirigeables, parachutes, avions ou oiseaux... que le mobile soit cinématographié de terre à travers un cadre ou qu'il porte lui-même le cinématographe et le cadre et qu'il photographie un repère naturel fixe (avion cinématographiant le sol, sous-marin ou navire cinématographiant un phare par exemple).

En particulier, nous avons pensé à appliquer une telle méthode aux poissons pour mesurer directement leur résistance à l'avancement sur laquelle on ne possède actuellement aucune donnée.

A cet effet nous avons cinématographié, à travers un cadre-repère à mailles carrées, les positions successives d'un pendule de longueur connue pour avoir les valeurs du temps et des truites communes évoluant dans un très grand aquarium (*fig* 1), en ne retenant comme valables que les trajec-

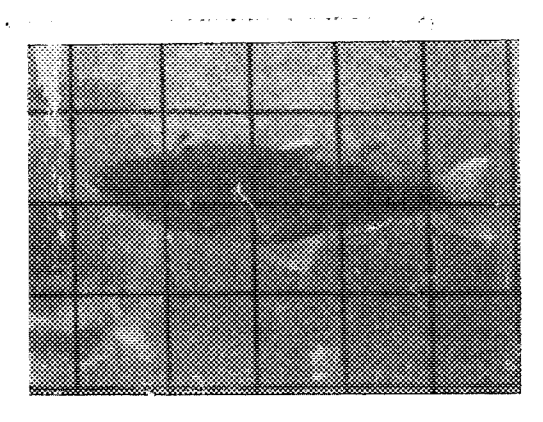


Fig. 1. — Image cinématographique d'une truite et du cadre repère.

Fig. 2. — Courbe donnant la loi des vitesses d'une truite en fonction des temps.

toires effectuées par des poissons en nage filée, c'est-à-dire avançant, toutes nageoires au repos, après avoir donné quelques bons coups de queue.

Il suffit alors de reporter sur papier millimétrique les diverses positions du centre de gravité de l'animal et il est facile dans ces conditions de savoir quelle est, dans le cas d'une telle nage filée, la loi de déplacement de la truite en fonction du temps $x = F(t)$. On en peut déduire par dérivation la loi de la vitesse à chaque instant $\frac{dx}{dt} = v = F'(t)$ et celle de l'accélération $\frac{dv}{dt} = F''(t)$.

Comme la truite a une densité pour ainsi dire égale à celle de l'eau, la

seule force en jeu est la résistance totale à l'avancement qu'éprouve le poisson; si celui-ci est de masse $m = \frac{P}{g}$, cette résistance R est donnée par l'équation de son mouvement :

$$m\frac{d^2x}{dt^2} = \frac{P}{g}\cdot\frac{dv}{dt} = R$$

que l'on peut exprimer, comme on le fait d'habitude, en fonction de v.

Voici les premiers résultats que nous ont fournis nos expériences, en opérant avec une truite pesant 318^g et longue de 32^{cm}, avançant dans l'eau après avoir donné quelques coups de queue, sans aucun mouvement de ses nageoires, mais les ventrales étalées pour maintenir son équilibre. Connaissant la distance du poisson au centre optique du cinéma, nous avons déduit des images successives obtenues la trajectoire de l'animal, d'où par dérivation graphique la courbe (*fig.* 2) donnant la loi des vitesses en fonction du temps et par une nouvelle et dernière dérivation graphique la loi des accélérations $\frac{dv}{dt}$.

Nous avons ainsi trouvé que pour des vitesses de 0,30, 0,45 et 0,60 m/s, la résistance totale a été de 3, 21 et 29^g, ce qui ne correspond pas à la finesse maxima de la truite, puisque celle-ci n'existe qu'en cas de repliement total des nageoires. Pour le même animal ayant braqué brusquement ses nageoires pectorales en vue de freiner son mouvement, la résistance relative mesurée a été environ 50 fois plus grande.

Nous nous proposons de continuer ces expériences et d'essayer de comparer par la même méthode la finesse des poissons et celle des sous-marins.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur un nouveau constituant phosphoorganique des hématies.* Note (1) de M. S. **Posternak**, présentée par M. A. Desgrez.

Le diphosphate de l'acide *l*-glycérique, isolé par Greenwald (2) du sang de de porc, de chien et d'homme, n'est pas le seul principe phosphoorganique non azoté contenu dans les globules rouges. Indépendamment de Greenwald et par une méthode toute différente, j'ai préparé le même composé, à partir

(1) Séance du 3 décembre 1928.
(2) *J. of biolog. Ch.*, 63, 1925, p. 339.

des érythrocytes de cheval, et constaté qu'il y était accompagné de l'éther *mono*-phosphorique de l'acide *l*-glycérique (¹). Ayant répété ces expériences, j'ai reconnu qu'il était possible d'isoler près de 30 pour 100 du phosphore organique, dit acidosoluble, sous forme de sel de baryte, répondant à la formule $(C^3H^4O^7P)_2Ba^3$. Ce dernier est un mélange de deux produits : 1° du sel de baryum du monophosphate mentionné ci-dessus et 2° d'un sel de baryte d'un acide *dextrogyre*. Cet acide réduit la liqueur de Fehling, beaucoup plus fortement après hydrolyse. Il donne une réaction intense de Seliwanoff et, avec la phloroglucine en milieu chlorhydrique, à l'ébullition, une coloration rouge virant au rouge vineux après neutralisation par le carbonate de soude. Ces caractères plaident en faveur d'un acide α cétonique et le choix, étant donné sa composition, n'est guère possible qu'entre un monophosphate oxypyruvique et un diphosphate α cétotrioxyadipique. Le premier de ces éthers ne contenant pas de carbone asymétrique (²), ne saurait être optiquement actif. J'attribue donc au nouveau principe phosphoorganiqne la constitution

$$\begin{array}{l}\mathrm{HOOC.CH\underset{|}{O}.CHOH.CH\underset{|}{O}.CO.COOH} \\ \qquad\quad \mathrm{PO(OH)^2 \quad PO(OH)^2}\end{array}$$

la position des phosphoryles restant encore à déterminer.

J'opére sur 25^l de sang de cheval à la fois. On le verse lentement dans une marmite contenant 75^l de sérum physiologique maintenu à l'ébullition, et l'on acidifie légèrement le mélange au moyen de l'acide acétique, dans le but de coaguler complètement les protides. On filtre et exprime à la presse le coagulum. Le filtrat clair, neutralisé par NH^4OH est précipité par l'acétate de plomb; le précipité plombique, lavé et essoré, pèse de 150 à 180^g et contient de 2 à $2^g,5$ P en combinaison organique, ainsi que des phosphates minéranx. Ces derniers sont enlevés par traitement avec un excès de carbonate de soude qui transforme les phosphates organiques de plomb en sels de soude solubles et laisse le phosphate de plomb intact; on le sépare par filtration. La solution est diluée de 10^l d'eau, neutralisée par l'acide nitrique et précipitée par l'acétate de baryum qui entraîne le diphosphate de l'acide *l* glycérique présent et une partie des autres composés phosphorés. Environ 30 pour 100 du P total organique restent en solution; on les isole, en passant par le sel de plomb, sous forme de sels de baryum.

La séparation du diphosphate de l'acide α cétotrioxyadipique du monophosphate *l* glycérique est basée sur la faculté des éthers polyphosphoriques à l'état libre de

(¹) *C. R. Soc. Phys. de Genève*, 43, séance du 18 février 1926, p. 13.
(²) J. H. Aberson, *Z. physik. Ch.*, 31, 1899, p. 17.

précipiter par le chlorure ferrique; leurs sels de fer insolubles, traités par une solution de soude caustique à froid, passent à l'état de sels de soude solubles. Par suite des phénomènes d'adhésion, la séparation est loin d'être parfaite et nos préparations de l'acide cétonique contenaient toujours une certaine quantité de monophosphate lévogyre.

La rotation spécifique la plus forte observée avec la diphosphate de l'acide α cétotrioxyadipique était de + 8°,88 et, après neutralisation avec NH^4OH, de + 15°,04 [1]. Sauf une certaine solubilité dans l'eau des sels alcalino-terreux saturés, les propriétés du diphosphate α cétotrioxyadipique et des sels ressemblent à celles du diphosphate *l* glycérique, décrit ailleurs [2].

Il est à noter que ces deux éthers diphosphoriques sont très résistants à l'action des alcalis en solution normale; même à la température d'ébullition, il n'y a pas la moindre minéralisation de l'acide phosphorique.

L'hydrolyse complète d'une solution de l'acide libre demande une chauffe de 100 heures environ au réfrigérant à reflux et de 6 à 7 heures, à 125-130°, à l'autoclave. Déjà au bout de deux heures, la rotation à droite disparaît par suite de la racémisation de l'acide cétonique. De la liqueur d'hydrolyse, l'acide α cétotrioxyadipique partiellement altéré se laisse extraire par l'éther dans un appareil à épuisement continu. Après la distillation de l'éther, on l'obtient à l'état de sirop très acide, réduisant fortement la liqueur de Fehling et donnant déjà à froid, à l'instar des acides α cétoniques, des précipités blanchâtres avec la phloroglucine et l'orcine. Le diphophate α cétotrioxyadipique, entrevu par Lawaczek [3] et par Kay et Robison [2], est en relation avec l'acide hexose-disphosphorique et représente peut-être un stade intermédiaire au cours de l'élaboration de l'acide lactique dans le muscle et d'autres tissus.

---

(1) L'augmentation de la rotation spécifique après neutralisation semble être une propriété générale des éthers polyphosphoriques.

(2) *Bioch. Z.*, 145, 1925, p. 351.

(3) *The biochem. J.*, 18, 1924, p. 755.

BACTÉRIOLOGIE. — *La moelle épinière, le bulbe, la protubérance et le parasite de la rage.* Note de MM. **Y. Manouelian** et **J. Viala**, présentée par M. Calmette.

Il est admis que les corpuscules de Negri sont rares ou introuvables dans la moelle épinière des rabiques. Les partisans même de la nature parasitaire de ces corpuscules l'affirment. Ainsi Mme Negri déclare que, chez les lapins infectés par l'inoculation subdurale, « les formes endocellulaires sont toujours en très petit nombre dans les cellules nerveuses de toute la moelle épinière. Parfois il faut examiner des dizaines et des dizaines de coupes avant de rencontrer un seul parasite dans une cellule; et dans ce cas même il s'agit de formes ordinairement très petites ».

Or, dans la vaccination antirabique, on se sert de moelles de lapins où, grâce à l'action combinée de l'air et de la dessication, ou d'agents divers, on obtient des virus, c'est-à-dire des germes, des parasites graduellement atténués. A défaut de cultures *in vitro* du parasite en milieux artificiels on utilise donc les cultures *in vivo* des moelles. Si les corps de Negri étaient les agents de la rage, comment expliquer leur extrême rareté ou leur manque total dans ces moelles ? Cette objection n'a pas échappé aux auteurs, ni même à Negri. Aussi, partisans et non partisans de la nature parasitaire de ces corps ont admis l'existence de germes de dimension extrêmement petite, invisible à nos moyens actuels de recherche. L'hypothèse semble justifiée par la filtrabilité du virus rabique (Remlinger).

Ceux-ci se réunissent en masses compactes où il devient difficile de distinguer les unités constituantes; les contours de ces masses sont plus ou moins réguliers. Ce sont, pour nous, les ébauches des *corps de Negri*. Mais, alors que dans la corne d'Ammon ces masses continuent à évoluer et qu'après avoir présenté les formes de mûre, de rosace, elles finissent par s'estomper, se décolorer et disparaître, dans le bulbe, dans la protubérance, l'évolution s'arrête au début. Les corps de Negri typiques, c'est-à-dire les formes contenant les inclusions centrées de petits corpuscules y sont rares; ce sont des masses plus ou moins arrondies, plutôt homogènes. Or, comme les corps de Negri sont pour nous les témoins de la défense des cellules nerveuses contre le virus rabique, il semble que les cellules de ces régions, ainsi que

celles du névraxe en général, ne réagissent pas aussi fortement contre les parasites que les neurones de la corne d'Ammon; plus sensibles elles se défendent mal et n'arrivent pas à les détruire. Aussi dans toutes ces parties du névraxe la réaction des cellules nerveuses contre le parasite, — réaction qui se traduit par la genèse et l'évolution des corps de Negri, — est incomplète. Dès lors il ne faut pas s'étonner de voir de graves lésions cellulaires au niveau du bulbe et de la protubérance.

L'étude du virus fixe chez le lapin et le chien corrobore entièrement les faits que nous venons d'exposer. Alors que les parasites sont abondants dans les centres nerveux ailleurs même que dans la corne d'Ammon, nous ne constatons plus de corpuscules de Negri typiques; à peine trouve-t-on quelques masses plus ou moins arrondies, de dimensions réduites. Et c'est ainsi dans tout le système nerveux. Il n'existe aucune différence, au cours de la rage à virus fixe, entre la corne d'Ammon et les autres régions. Insistons cependant sur la richesse du bulbe rachidien et de la protubérance en parasites alors que les corpuscules de Negri typiques, nous le répétons, y sont introuvables. Ainsi, dans *toutes les formes de rage l'examen microscopique permet d'affirmer que ces régions sont très virulentes.*

Que l'agent de la rage, dans certaines phases de son évolution, échappe à nos moyens de recherches, nous le croyons aussi. Nous affirmons cependant que, en appliquant les procédés que nous avons décrits précédemment, on peut déceler de nombreux germes dans la moelle épinière chez le chien; on peut *dans chaque coupe* trouver des cellules nerveuses *remplies de parasites.* Nous affirmons également que, chez les lapins atteints, aussi bien de rage des rues que de rage à virus fixe, la moelle épinière renferme un nombre considérable de micro-organismes. Dès lors on comprend que, chez les rabiques, la moelle épinière se montre virulente et puisse servir à la préparation de vaccins.

Cependant, l'étude des régions réputées les plus virulentes où, d'après les auteurs, les corpuscules de Negri sont rares ou absents, l'étude, disons-nous, du bulbe rachidien et de la protubérance est des plus instructives.

On sait qu'un des arguments des adversaires de la nature parasitaire des corpuscules de Negri était la rareté, l'absence de ces corpuscules dans les régions les plus virulentes : bulbe, protubérance. Or, dans toutes les formes de rage, avant tout contrôle expérimental, de l'examen seul de nos préparations, on peut conclure que ces parties du névraxe doivent être très virulentes tant y sont innombrables les cellules nerveuses parasitées. C'est ici

surtout que nous trouvons les équivalents des *pseudokystes de l'Encephalitozoon cuniculi*, avec cette différence que ceux-ci sont *extracellulaires*, alors que ceux du germe de la rage sont *dans les cellules nerveuses*. Les parasites sont si abondants dans ces cellules que le cytoplasme et les dendrites se détachent en rouge par la méthode de Mann sur le fond bleu de la préparation. Et, dans la rage des rues, on peut observer nettement, chez le chien surtout, l'*agglutination des germes*.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *La fièvre exanthématique de Marseille est absolument distincte du typhus exanthématique*. Note de MM. **Et. Burnet**, **P. Durand** et **D. Olmer**, présentée par M. Calmette.

La fièvre exanthématique de Marseille peut être transmise de l'homme au singe et de singe à singe par inoculation péritonéale de sang virulent. La température de l'animal s'élève après une incubation de 7 à 9 jours et la fièvre constitue le plus souvent le seul symptôme morbide. Le cobaye pareillement inoculé ne réagit pas. Tels sont les faits qui ont fait l'objet d'une Note précédente [1].

La fièvre exanthématique est-elle, comme on avait pu le penser, une forme atténuée du typhus exanthématique? Pour trancher la question, il était nécessaire et suffisant d'inoculer un virus typhique authentique à nos singes qui ont eu la fièvre exanthématique de Marseille. Nous nous sommes servi du virus typhique de l'Institut Pasteur de Tunis, entretenu à Caen par M. Lebailly.

Pour une démonstration rigoureuse, le cobaye n'aurait pas suffi; le cobaye ne prend pas toujours le typhus, et on peut concevoir un virus typhique faible qui n'infecterait pas le cobaye et infecterait le singe ; le singe est un réactif beaucoup plus sensible.

Chaque inoculation à un singe a été naturellement accompagnée d'inoculations à deux cobayes, dont la réaction fébrile fut chaque fois caractéristique.

---

(1) Et. Burnet et D. Olmer, *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 470.

1. *Macacus cynomolgus.* — Guéri depuis 57 jours de fièvre de Marseille; est inoculé sous la peau avec une émulsion de cerveau de cobaye typhique (1/40 de cerveau). Fièvre le 7ᵉ jour.

2. *Callitriche.* — Guéri depuis 66 jours de fièvre de Marseille; est inoculé sous la peau avec 4^{cm^3} de sang de cobaye typhique. Fièvre le 9ᵉ jour.

3. *Patas.* — Guéri depuis 67 jours de fièvre de Marseille; est inoculé sous la peau avec une émulsion de cerveau de cobaye typhique (1/40 de cerveau). Fièvre le 6ᵉ jour.

Chez ces animaux la fièvre de Marseille antécédente n'a nullement empêché l'inoculation du virus du typhus d'être suivie de la courbe fébrile typique.

L'expérience inverse, montrant que l'immunité acquise vis-à-vis du typhus ne joue pas en ce qui concerne la fièvre de Marseille, est réalisée chez le quatrième singe.

4. *Bonnet chinois.* — Cet animal avait été vacciné par Mme Sparrow (exp. inédites) contre le typhus par la méthode de Weigl (inoculation d'intestins de poux typhiques). L'immunité obtenue avait été éprouvée au bout de deux mois par une inoculation de virus typhique, restée sans résultat.

Trois mois après cette épreuve, le singe est inoculé de sang d'un malade atteint de fièvre exanthématique de Marseille, après quoi la fièvre se déclare au bout de huit jours.

Soixante-trois jours après la fin de la fièvre due à la maladie de Marseille, le singe reçoit dans le péritoine une émulsion correspondant à 1/10 de cerveau de cobaye typhique. Aucune réaction thermique (la température a été prise pendant 30 jours).

Chez cet animal, l'évolution d'une fièvre de Marseille expérimentale n'a pas été empêchée par une immunité antityphique provoquée par le vaccin de Weigl, renforcée par la première inoculation d'épreuve de virus typhique, et dont la persistance trouve sa preuve dans les résultats négatifs d'une dernière inoculation extrêmement sévère de cerveau virulent de cobaye. Il est manifestement impossible, après l'observation des trois singes précédents, d'attribuer à la fièvre de Marseille antécédente l'échec de cette dernière inoculation de virus typhique.

Conclusion. — La fièvre exanthématique de Marseille ne donnant pas d'immunité contre le typhus et l'immunité acquise contre le typhus n'empêchant pas l'évolution de la fièvre de Marseille, il est démontré que ces deux maladies sont absolument distinctes.

PHOTOGRAPHIE. — *Nouveau dispositif pour l'enregistrement simultané de trois images sélectionnées pour la production d'images en couleurs.* Note de M. **Camille Nachet**, présentée par M. Ch. Fabry.

On a déjà pour l'enregistrement simultané des trois images élémentaires d'une sélection trichrome, utilisé des systèmes de réflecteurs (miroirs semi-transparents ou prismes) répartissant entre trois objectifs identiques les flux lumineux provenant de chaque point du sujet à photographier, mais l'absorption de la lumière par de tels réflecteurs oblige à des temps de pose trop longs pour permettre en bonnes conditions la photographie de sujets animés.

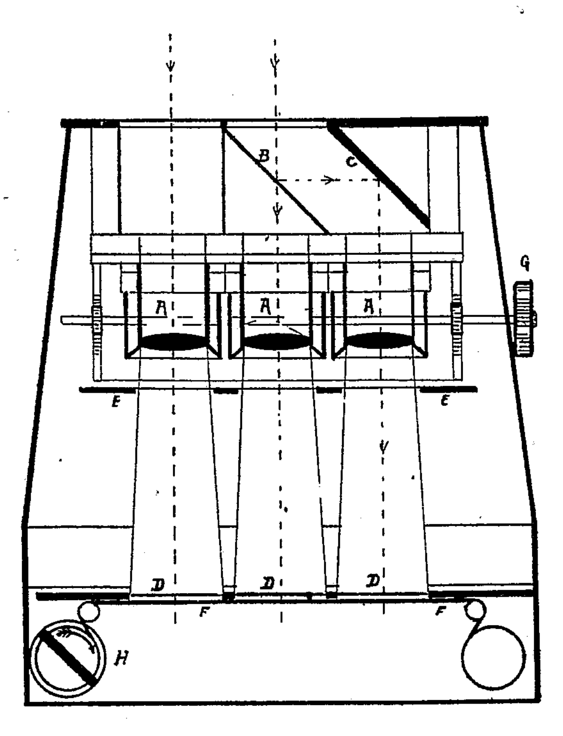
On sait, d'autre part, que l'emploi de trois objectifs indépendants, dont chacun reçoit directement la lumière diffusée par le sujet, crée entre les trois images partielles des différences stéréoscopiques ne permettant pas la superposition en repérage des monochromes jaune, rose et bleu vert correspondant respectivement aux négatifs enregistrés au travers des filtres sélecteurs bleu violet, vert et rouge.

L'expérience a montré que si la netteté des monochromes rose et bleu vert est indispensable à la netteté de l'image résultante, une large tolérance est permise sur la netteté du monochrome jaune; nous nous sommes demandé si une tolérance du même ordre ne pourrait être admise en ce qui concerne l'identité géométrique de l'image jaune et des deux autres images; l'expérience a vérifié cette hypothèse, et c'est sur ce compromis qu'est basé l'appareil décrit ci-après et représenté schématiquement ci-contre.

Trois objectifs identiques, dont les axes sont disposés parallèlement, dans un même plan, à 28^{mm} l'un de l'autre (distance minima imposée par les diamètres des lentilles), enregistrent côte à côte sur une même couche sensible (plaque, ou fragment de film cinématographique panchromatique non perforé) trois images 21×28^{mm}.

L'objectif de gauche enregistre directement, au travers d'un filtre bleu violet, le négatif du jaune; les deux autres objectifs, utilisés respectivement à l'enregistrement du négatif du rose sous le filtre vert et du négatif du bleu vert sous le filtre rouge, ont leurs axes optiques ramenés virtuellement en coïncidence par un système de deux réflecteurs parallèles, orientés à 45° sur la direction commune des axes optiques, dont l'un semi-transparent, divise en deux le flux lumineux reçu de chaque point de l'objet, l'un de ces

flux étant transmis à l'un des objectifs, tandis que l'autre parvient au troisième objectif après deux réflexions. Les objectifs étant de très courte distance focale, les points de vue des deux derniers objectifs peuvent être considérés comme confondus; d'autre part, le faible écart entre l'axe de l'objectif de gauche et l'axe virtuel commun des deux objectifs de droite



A Objectifs
B Glace semi transparente
C Glace Reflechissante
D Ecrans
E Obturateur
F Film
G Bouton de mise au point
H Cle d'enroulement

fait que la différence stéréoscopique entre l'image jaune et les deux autres images ne représente que 1/100e de la distance focale pour l'image d'un objet situé à 2^m,80 quand la coïncidence est assurée entre les images d'objets infiniment éloignés, différence qui reste négligeable même quand les négatifs originaux sont amplifiés 5 fois.

Les luminosités des trois images optiques sont amenées à l'équilibre nécessaire par réglage convenable des diaphragmes dont sont munis les trois objectifs.

Le tirage en couleurs peut être effectué par l'un quelconque des procédés connus; il peut être fait soit sur verre, soit sur papier. Le détail de ces procédés de tirage sera décrit dans un autre Recueil.

M. N. **Slomnesco** adresse trois notes intitulées : *Sur un procédé d'agglomérer le noir de fumée dans une matière compacte s'approchant par ses propriétés du Carbonado. — Sur l'action de la silice et des silicates fondus sur la formation du diamant. — Découverte du diamant cristallisé dans les terrains turbifères.*

A $16^h 30^m$, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17^h.

E. P.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE PUBLIQUE ANNUELLE DU LUNDI 17 DÉCEMBRE 1928.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE HAMY.

En ouvrant la séance, M. **Maurice Hamy** prononce l'allocution suivante :

Messieurs,

Une vénérable et pieuse tradition veut, qu'en cette séance solennelle, l'Académie, par l'organe de son président, apporte un suprême témoignage de regrets à ceux de nos confrères qui se sont sacrifiés pour la science, après avoir vécu et vaillamment combattu pour elle. L'auréole glorieuse, associée à leur souvenir, remplace maintenant les couronnes, tombées de leurs fronts défaillants, qu'ils avaient méritées pendant leur vie. Il est aussi de notre devoir de les relever et de les décerner aux jeunes intelligences qui travaillent, sous nos regards, à augmenter le patrimoine des connaissances humaines, en suivant les nobles exemples laissés par leurs aînés.

Au cours de l'année présente, l'Académie a eu la douleur de perdre trois de ses membres ordinaires, un associé étranger et trois correspondants.

C'est d'abord la mort de Louis-Félix Henneguy, notre vice-président, que nous avons eu à déplorer. Il s'était destiné, dans sa jeunesse, à la carrière médicale dont il avait puisé les connaissances à la Faculté de Montpellier. Mais l'attraction de la science pure le détourna de la voie dans laquelle il s'était primitivement engagé. Venu de bonne heure à Paris, armé du diplôme de docteur, il abandonna bientôt la thérapeutique pour le microscope, se dirigeant du côté de l'embryogénie qui a pour objet l'étude de la formation et du développement des êtres organisés, dans l'organe qui le contient. Une ardente curiosité devait aussi le conduire sur d'autres parties du terrain plus vaste de l'anatomie générale.

Attaché au Collège de France comme préparateur de Balbiani, sa carrière se trouva définitivement orientée. Vivant à ses côtés, il fut son

élève et son collaborateur, avant de lui succéder comme professeur et après avoir souvent occupé temporairement sa chaire, en qualité de suppléant. Entré à l'Académie en 1908, notre confrère a beaucoup expérimenté et était devenu un maître, en matière de technique histologique, où il faisait autorité dans les cas difficiles. Dès ses débuts il sut attirer sur lui les regards du monde savant par la valeur, la précision et la netteté de ses investigations. Sa méthode de travail, fondée sur les faits acquis, excluait les théories hasardeuses. Il prenait comme guide des hypothèses plausibles, quitte à en faire le sacrifice, pour en adopter temporairement de nouvelles, dès qu'elles paraissaient, sur quelque point, en contradiction avec l'expérience.

Henneguy a révélé les lois de l'apparition de la sexualité, chez certains Protozoaires, qui se manifeste par degrés, le sexe mâle apparaissant avant le sexe femelle, à mesure que l'espèce s'épuise par reproduction asexuée. C'est lui qui a illuminé définitivement le terrain de la constitution des organes reproducteurs et des éléments sexuels chez les Insectes et les Amphibiens. Il a découvert, sur l'œuf de ces êtres, deux divisions successives qui détachent de lui des corpuscules, appelés globules polaires, connus chez les autres espèces. Notre confrère a ainsi mis hors de discussion la généralité du phénomène si important qui conduit à la séparation de l'œuf et dont la réalisation est une des caractéristiques les plus nettes de l'œuf sexué, comme la condition nécessaire de la fécondation.

La cellule est la forme élémentaire la plus simple sous laquelle se présente la matière organisée, manifestant les propriétés caractéristiques des êtres vivants. Sujet de recherches à peine exploré, au temps de la jeunesse d'Henneguy, il en aborda l'étude dans le règne animal, tandis que Guignard l'attaquait dans le règne végétal. Arpentant ces deux domaines, où la nature a tracé des chemins parallèles, l'un et l'autre se côtoyèrent plus d'une fois dans leurs entreprises menées en vue de forcer la conquête de la vérité. Henneguy a cherché à mettre à nu le rôle du protoplasme, dans la multiplication de la cellule des poissons osseux et, sur ce terrain, il a poussé l'investigation aussi loin que le lui permettaient ses moyens d'action. Mais la nature cache trop profondément ses secrets et les entoure de remparts trop solides, pour nous permettre de les approcher tous et de les connaître l'un après l'autre. La constitution même des ondes lumineuses les défend contre notre curiosité. Les faibles distances, connues sous le nom de longueurs d'ondes, qui séparent chacune de ses voisines, limitent, quoi qu'on

fasse, l'ordre de grandeur des détails les plus délicats que le microscope permet de discerner.

L'activité féconde de notre confrère et sa compétence comme observateur furent mises à contribution, pour élucider des questions intéressant la destruction des parasites nuisibles à l'agriculture. Le bien qu'il accomplit, dans ces recherches d'ordre pratique, s'ajoute aux services qu'il a rendus à la science pure, pour préserver de l'oubli le nom de l'homme excellent qu'il a été.

Par une triste coïncidence, la mort d'Henneguy, douloureusement ressentie par ses confrères, a été suivie, à quelques semaines d'intervalle, de celle de Guignard, représentant lui aussi la biologie, au sein de l'Académie, et qui a exploré, dans les directions les plus variées, le domaine du règne végétal. Son activité scientifique s'est spécialement manifestée dans l'étude des conditions anatomiques qui préparent et accompagnent la multiplication des cellules chez les végétaux. Ce phénomène s'opère par segmentation, à la suite de métamorphoses extrêmement curieuses dont plusieurs ont été découvertes par notre confrère, grâce à une technique remarquable, fondée sur la propriété que possèdent quelques éléments constitutifs de la cellule de fixer énergiquement certaines matières colorantes, éléments à la dénomination desquels on adjoint l'épithète chromatique, pour cette raison.

Parmi les organes que l'on discerne dans le noyau cellulaire, figure un filament à replis multiples, dans lequel sont alignées des granulations chromatiques. Au cours des transformations du noyau, le filament change d'aspect, les granulations chromatiques se divisent, formant deux séries parallèles, puis le filament se sépare en tronçons ou segments chromatiques. A ce stade, le protoplasme qui entoure le noyau, protégé à l'origine par une membrane, pénètre à l'intérieur et donne naissance aux fils d'un fuseau, à l'équateur duquel les segments chromatiques se disposent en étoile. Bientôt ces segments se dédoublent, dans le sens longitudinal, de façon à amener la séparation des deux séries de granulations. L'étoile se transforme alors en deux autres qui se portent individuellement à l'un et l'autre pôle du fuseau. Les étoiles polaires ainsi formées jouent un rôle essentiel dans l'évolution subséquente du noyau dont les phases aboutissent à sa segmentation, suivant l'équateur du fuseau. Ces faits remarquables, mis en lumière pour la plupart par Guignard, font connaître en particulier

les voies mystérieuses assurant l'égalité de répartition de la substance chromatique entre les deux nouveaux noyaux, substance indispensable à l'un comme à l'autre, pour accomplir ultérieurement les fonctions que la nature leur a départies.

L'intérieur de la cellule est d'ailleurs le siège d'autres manifestations curieuses, en rapport avec les premières, et à la découverte desquelles le nom de notre confrère est aussi attaché. Dans le protoplasme qu'elle renferme, il a signalé la présence de deux petites masses, appelées sphères directrices, dont l'action est en liaison étroite avec l'évolution du noyau. Installées à l'un et l'autre pôle du fuseau, dès le début de la métamorphose, elles se dédoublent chacune en deux autres, au moment de la segmentation, et se transmettent par couple aux jeunes cellules. Guignard considérait qu'il n'aurait pas assez travaillé, pour la science, s'il n'avait pas cherché à projeter la lumière sur l'essence même des fonctions des sphères directrices. Il y parvint, après avoir discerné les caractères différenciant les cellules purement végétatives des cellules mâles et femelles, fruit d'un mode de formation spécial et qui possèdent des noyaux incomplets, incapables d'évoluer isolément. Découvrir le rôle des sphères directrices dans l'accomplissement de la fécondation des cellules, telle est la question qui s'offrit à sa sagacité. Dans cet acte fondamental de la vie des plantes, Guignard reconnut que l'union des noyaux incomplets, de sexes différents, si nécessaire qu'elle soit, est insuffisante pour être suivie des effets de la vie; encore doit-elle être précédée de la fusion des sphères directrices appartenant à l'un et à l'autre. Cette loi a ouvert devant ses yeux les horizons nouveaux où il a distingué la clef des causes de la stérilité des hybrides.

Ces beaux travaux qui nous font pénétrer dans le mécanisme du développement des corps organisés et nous en dévoilent les ressorts secrets, sont le fruit de longues et délicates investigations de notre confrère, chez qui l'attitude, l'œil vif et le front pensif dénonçaient le chercheur génial et infatigable. Ce qu'il a fait, pour sonder la profondeur des secrets de la transmission de la vie, chez les végétaux, ajoute encore des rayons à l'auréole glorieuse qu'évoque son souvenir. Les Cryptogames, dont les organes de reproduction sont dissimulés et les Phanérogames, ou plantes à fleurs, n'ont pu résister à ses attaques savamment et longuement préparées, dirigées de façon à surprendre à la fois, chez les dernières, les mystères de la formation de l'embryon et de l'albumen, tissus de réserve qui assure sa nourriture.

Pour faire saisir dans son ensemble la portée de l'œuvre de Guignard,

encore faudrait-il résumer ce qu'il a fait sur le rôle du suspenseur de l'embryon, dans les Légumineuses, les organes de sécrétion chez les végétaux et la localisation des diastases et glucosides qui donnent naissance à l'acide cyanhydrique dans certaines plantes.

J'ajouterai que ses connaissances lui firent découvrir, pendant la guerre, le secret d'une dangereuse invention de nos ennemis qui abandonnaient dans les tranchées, évacuées par eux, des grenades éclatant soudain sous l'action d'un percuteur, déclanché par le gonflement progressif d'un fragment végétal particulier, sensible à l'humidité.

Je signalerai encore ses travaux bactériologiques ayant rapport à l'action des agents chimiques ou antiseptiques, sur certains microbes. Ils tendent à établir que l'espèce n'est pas moins fixe, chez les Bactéries que chez les organismes plus élevés.

Je me bornerai à ces indications, sur l'œuvre de notre confrère. Aussi bien ce qui honore surtout sa mémoire, ce fut l'élévation de ses sentiments et de son caractère. Serviable, excellent, esprit très fin, il personnifiait la modestie, alliée au savoir et à une charmante bonhomie. La bienveillance et la droiture dominèrent jusqu'au bout l'exercice de son autorité, dans les hautes situations qu'il a occupées, particulièrement à l'École de pharmacie. L'Académie est fière d'avoir compté Guignard parmi ses membres.

Messieurs, le nom de Puiseux est célèbre dans les fastes de l'Académie des sciences. Il a été illustré, pour la première fois, par un de nos anciens confrères, portant le prénom de Victor, auquel l'analyse mathématique est redevable d'importants progrès et qui a occupé l'un des fauteuils de notre section de géométrie. Amateur passionné des randonnées en grande montagne, il gravit la cime la plus élevée et encore vierge du Pelvoux, à une époque où le sport si noble et si complet de l'alpinisme n'avait pas encore propagé, chez nous, la saine attraction des hauts sommets, témoins muets de la magnificence des beautés naturelles qui s'éveillent à l'aurore et règnent majestueusement, le jour, sur le décor de la Terre : les unes, le front perdu dans les airs, paraissant défier l'attaque de l'homme; d'autres, humblement prosternées devant le Soleil qui flamboie radieux dans l'azur divin des ciels purs.

Son amour de la science et de la montagne, Victor Puiseux l'inculqua de bonne heure à son fils Pierre qui entra à l'Observatoire de Paris, après avoir passé par l'École Normale supérieure. Devenu, à son tour, membre de l'Académie sur la fin d'une belle et laborieuse carrière, consacrée

au culte de l'astronomie, Pierre Puiseux s'est éteint, au commencement de l'automne, disparaissant simplement, sans ostentation, comme il a vécu.

Il débuta par des recherches de mécanique céleste, relatives à l'accélération séculaire du moyen mouvement de la Lune dont l'explication, proposée par Delaunay, paraît devoir se rattacher à un ralentissement de la rotation terrestre, provoqué par le frottement des marées. Puis il se livra à l'observation, professant simultanément la physique céleste à la Sorbonne, écrivant des notices remarquées sur les sujets les plus variés d'astronomie stellaire. Il fut l'artisan qui mena jusqu'au bout la théorie de l'équatorial coudé et le travail entrepris, avec cet instrument, sur la détermination laborieuse et délicate de la constante de l'aberration, d'après une méthode nouvelle, imaginée par Lœwy, dont il était devenu le collaborateur. On sait que ce phénomène résulte de la déviation apparente des rayons lumineux, arrivant des profondeurs de l'espace, par suite du mouvement rapide de la Terre, dans son orbite autour du Soleil. Mais c'est dans l'œuvre impérissable de la carte de la Lune, comprenant 71 grandes feuilles, et poursuivie aussi de concert avec l'illustre astronome qui est une des gloires de l'astronomie française, que notre confrère donna sa propre mesure, en discutant à lui seul les résultats fournis par les magnifiques images photographiques, obtenues au foyer du grand équatorial coudé, discussion reposant sur l'examen critique et l'agrandissement des meilleurs originaux d'une collection de 6000 clichés, à la réalisation desquels il prit une part très active, au prix de veilles et de fatigues qu'il paya de l'altération irrémédiable de sa santé.

Alpiniste consommé, formé à l'école de son père, Pierre Puiseux professait un culte religieux pour la montagne. Servi par une taille gigantesque, il arpenta les grandes chaînes qui bornent ou avoisinent notre pays, au beau temps de sa jeunesse, les abordant par tous les versants, affrontant les arêtes tranchantes et les difficultés pour conquérir les sommets, demandant asile à la nuit tombante aux cabanes perdues dans les neiges, sous l'haleine glacée des grandes altitudes, et imprégnées de la mélancolie poignante des longs crépuscules, quand il ne couchait pas à la belle étoile sur le sol désertique, pour se lever à l'aube et s'élancer à l'assaut, stimulé par le froid matinal, à la lueur des aurores et des clartés joyeuses, célébrant la naissance des journées resplendissantes. Et peu à peu, dans le silence immense et grandiose des espaces environnants, perdant le souvenir des heures douloureuses de la vie, il avançait, l'esprit tendu vers le but

convoité, et l'atteignait enfin, transporté d'allégresse, après mille efforts, récompensés par le spectacle des sublimes créations de la nature, rayonnantes de splendeur sous le manteau étincelant de la lumière.

En présence de circonstances critiques, Pierre Puiseux sut faire face au danger et dominer les guides, démoralisés par le brouillard, abandonnant la lutte, en proie au désespoir le plus complet. Est-il surprenant qu'un alpiniste aussi averti ait pu susciter l'enthousiasme des montagnards eux-mêmes, en affrontant seul l'ascension épuisante du Mont Blanc, exposée aux fureurs subites et redoutables des intempéries? Il le gravit par la voie des arêtes de l'Aiguille du Goûter et des Bosses, s'élevant par ses propres moyens de locomotion naturels depuis la vallée de Chamonix.

Chez notre confrère, la pratique éclairée des grandes escalades, conduites avec la conscience de rester en deçà des limites des possibilités humaines, n'avait pas uniquement pour objet de satisfaire son admiration à l'égard des majestueuses constructions des Alpes et d'exalter ses aspirations morales. Encore y trouvait-il l'occasion de développer ses connaissances étendues en géologie. Il avait appris à traduire le grand livre des strates superposées de l'écorce terrestre, ouvert aux flancs abrupts des montagnes. Un à un ses feuillets lui racontaient le récit fabuleux des transformations du globe, écrit par la nature elle-même, et il assistait en esprit au lent exhaussement des chaînes accroupies devant lui, après un enfantement prodigieusement prolongé au sein des abîmes sous-marins.

La pensée façonnée au choc des idées écloses au cours de ses luttes avec le relief terrestre, Pierre Puiseux était armé et préparé, pour déchiffrer les énigmes du sol lunaire. Il s'y appliqua passionnément et avec le plus louable succès, vingt années durant, consignant ses réflexions dans des mémoires très étendus formant, dans leur ensemble, l'histoire minutieusement documentée du volcanisme de notre satellite et de ses vicissitudes superficielles.

Il apparaît que l'atmosphère de la Lune, à l'origine très peu dense, en raison de sa faible masse, s'est résorbée peu à peu, laissant la surface soumise à un refroidissement rapide. Ce refroidissement et la réaction des fluides, emprisonnés dans la croûte superficielle, suffisent à notre confrère, pour expliquer la formation des mers et des cirques, sans intervention d'actions extérieures. Quant à la différence de structure qui se manifeste entre les montagnes terrestres et lunaires, il en a trouvé l'explication dans la tendance au plissement qui a dominé sur la Terre, tandis que sur la Lune, c'est la tendance à l'étirement qui a prévalu.

Pierre Puiseux a eu la satisfaction d'achever son œuvre, en dépit des assauts incessants d'une longue et cruelle maladie, qui s'acharna, dès l'âge mûr, à ruiner ses forces et son énergie. Il la termina, en utilisant une dernière fois les clichés de la Carte de la Lune, pour étudier le balancement apparent de cet astre autour de son centre de gravité.

Ayant dû renoncer prématurément à satisfaire son goût actif pour la montagne, il aimait, au déclin de sa vie, à se faire transporter, l'été, à proximité des pics dont la vue lui faisait revivre, en esprit, les belles heures d'autrefois et lui rappelaient ses prouesses passées. Depuis longtemps, il ne vivait plus du reste que par la pensée, restée saine et lucide jusqu'à la dernière heure, dans une enveloppe tordue par la souffrance, acceptée stoïquement, sans plaintes.

La vie de notre confrère, dominée par le souci de se rapprocher de la perfection morale, a été embellie, dans sa jeunesse, puis soutenue, au temps des épreuves, par la femme distinguée, au cœur haut placé, qui l'a entouré de sa tendre sollicitude jusqu'à ses derniers moments, et le conduisait régulièrement aux séances de l'Académie. Objet de la sympathie universelle, il laisse à tous l'exemple d'une laborieuse existence, vouée au culte de la science, et à sa nombreuse famille, comme à ses amis, le souvenir affectueux d'une vie pleine de dignité et de nobles enseignements.

C'est une belle, noble et attachante physionomie qui a disparu cette année, dans la personne de Hendrik Antoon Lorentz, notre associé étranger. Sa perte a mis en deuil la science mondiale dont il était un des représentants les plus qualifiés. Ami cordial de notre pays, il fréquentait nos sociétés savantes et y apportait le charme de sa parole, comme de sa pensée, rehaussé par une courtoisie exquise, un esprit fin et humoristique. Venu de Hollande, au moment du centenaire de la naissance de Fresnel, il célébra dans un langage élevé la gloire de notre compatriote et se prodigua aussi lors du cinquantenaire de la Société française de Physique.

Génie profond, éclairé par l'une des plus belles intelligences de notre époque comme de tous les temps, il a percé des mystères dissimulés avec un soin jaloux par la nature. Son œuvre a rénové les théories physiques, dans leurs rapports avec la lumière et l'électricité, aussi bien que dans leur liaison avec la constitution de la matière.

La constatation de liens étroits de parenté, existant entre la lumière et l'électricité, remonte à une expérience célèbre de Faraday, datant de 1845, et qui fait intervenir un faisceau de lumière polarisée, c'est-à-dire transmise

par des vibrations toutes perpendiculaires à un plan parallèle aux rayons et appelé « plan de polarisation ». Un pareil faisceau traverse-t-il un bloc de verre, aucun effet ne se produit. Place-t-on la ligne des pôles d'un aimant puissant tout près de ce corps, dans le sens de la propagation de la lumière, aussitôt le plan de polarisation tourne d'un certain angle autour de l'axe du faisceau. Comment ce phénomène remarquable, connu sous le nom de « polarisation rotatoire magnétique », n'aurait-il pas frappé un esprit aussi subtil que celui de Faraday, auteur, quelques années auparavant, de la découverte de l'induction électromagnétique, sur laquelle est fondée toute l'électrotechnique moderne? En fait, il acquit peu à peu la conviction que la lumière, l'électricité et la chaleur ne sont que les manifestations naturelles d'une même action variant dans ses effets.

S'emparant des idées confuses de son grand compatriote, Maxwell prit à cœur de leur donner une forme mathématique dont les assises, malheureusement noyées dans le vague des hypothèses, n'étaient guère faites pour inspirer confiance. Des équations, résumant ses efforts de pensée, il tira des conséquences, considérées aujourd'hui au nombre des plus belles conquêtes de l'esprit humain, après être restées longtemps ensevelies dans l'indifférence. Il annonça l'existence d'ondes électromagnétiques se réfléchissant à la surface des milieux conducteurs et se propageant, par des vibrations transversales, à l'intérieur des corps non conducteurs, avec une vitesse s'exprimant en fonction de constantes physiques propres à ces corps. Subitement l'existence effective de pareilles ondes fut mise en évidence par Hertz, au cours d'expériences mémorables, faisant intervenir les oscillations électriques fabuleusement rapides qui prennent naissance et entrent en jeu dans le mécanisme de la décharge brusque des corps électrisés. Les progrès de l'expérimentation devaient d'ailleurs établir que la vitesse des ondes hertziennes, théoriquement égale au rapport des nombres exprimant une même quantité d'électricité, dans les deux systèmes d'unités électrostatique et électromagnétique, est précisément celle de la lumière. Il n'y avait plus qu'un pas à faire pour rapprocher la lumière de manifestations d'ondes électromagnétiques de périodes excessivement courtes. Il a été rapidement franchi. De plus, les ondes électromagnétiques, dont les droits à l'existence avaient été si longtemps méconnus, se sont mises, sans rancune, à la disposition de l'homme, pour communiquer à distance et devenir le merveilleux agent de la T. S. F. dont les premiers bégaiements ont été provoqués et entendus par notre confrère M. Branly.

Revenons maintenant à Lorentz.

Si la conséquence fondamentale des vues de Maxwell a été confirmée par l'expérience, la théorie dont il a posé les assises ne se trouve pas moins dans l'impossibilité d'expliquer tous les phénomènes. C'est ainsi, par exemple, qu'elle ne peut rendre compte de la polarisation rotatoire magnétique, sans l'addition d'hypothèses nouvelles, empruntées à la doctrine des tourbillons. Ces difficultés ont conduit Lorentz à modifier profondément les conceptions de l'illustre physicien anglais. Il attribua à l'éther la propriété de se comporter de la même façon dans tous les milieux, transparents ou non, et de posséder partout même densité et même élasticité. Point essentiel ! ces milieux uniformes, il les peupla d'électrons ou atomes d'électricité, assujettis à ne pouvoir s'écarter que très peu de leurs positions d'équilibre, dans les corps transparents non conducteurs, positions où ils tendent sans cesse à revenir, par suite de réactions provoquant leur mise en vibration, aussitôt qu'une cause extérieure vient les ébranler. Dans les milieux conducteurs, au contraire, les électrons sont libres, mais soumis à des frottements déterminant l'échauffement de ces corps, lorsqu'une action convenable les met en mouvement.

Dans la théorie de Lorentz, l'éther sert d'agent docile de propagation, fournissant à distance le contre-coup fidèle des vibrations des électrons, sur lesquels agissent directement, et non pas sur l'éther lui-même, les forces électriques et électromagnétiques. Notre associé était parvenu à rendre compte ainsi de tous les phénomènes connus de l'optique et de l'électricité, en se limitant au degré d'approximation que les instruments de mesure ne paraissaient pas pouvoir permettre de dépasser, lorsque Michelson fit connaître le résultat de sa mémorable expérience, entreprise avec des moyens d'une précision supérieure à tout ce que l'on pouvait prévoir, et tendant à prouver que la vitesse de la lumière n'est pas affectée par le mouvement commun de la source et de l'observateur. Cette expérience, Lorentz l'expliqua d'abord à l'aide d'une hypothèse ingénieuse sur les propriétés de la matière entraînée, avant de concevoir sa théorie définitive, condensée dans des équations douées de propriétés analytiques remarquables, faisant état des recherches conduisant à admettre que la masse est d'origine électromagnétique et regardant les atomes comme formés d'électrons positifs et négatifs dont les charges se compensent. Il est arrivé ainsi à satisfaire à toutes les exigences, déterminant par surcroît un courant d'idées, dominées par celles d'Einstein sur la relativité dont on trouve peu d'exemples comparables dans l'histoire de la science.

Point de départ de l'explication d'une foule de faits connus, les idées de

Lorentz rendent compte des propriétés de l'attraction newtonienne, dans ses rapports avec l'astronomie, et de l'émission des électrons par les corps incandescents, phénomène fondamental sur lequel reposent les propriétés des lampes à trois électrodes, employées dans la technique de la T. S. F. Sa doctrine a aussi conduit à la connaissance de propriétés nouvelles. Je citerai particulièrement la part qu'elle a eue dans la découverte du phénomène de Zeeman qui nous fait pénétrer au cœur même de l'atome.

Imprégné d'idées se rattachant à une tentative de Faraday, aux conceptions de Lord Kelvin et de Tait, d'autre part, Zeeman avait constaté expérimentalement l'élargissement des raies émises par une source lumineuse, placée dans un champ magnétique, élargissement qui va jusqu'à la séparation en plusieurs composantes, dans un champ suffisamment intense. Cette action du magnétisme sur la lumière, alors toute nouvelle et sans rapport commun avec la polarisation rotatoire magnétique, portait un coup fatal au dogme, considéré jusque-là comme infaillible, de la constance des longueurs d'ondes des radiations lumineuses, émises par une vapeur rendue luminescente. Les charges électriques vibrantes donnant naissance à ces radiations se comportent, dans la théorie de Lorentz, comme des courants transportant la même quantité d'électricité, suivant la loi de Rowland, d'accord elle-même avec les prévisions de Maxwell. Comme conséquence, le champ magnétique doit donner naissance à des effets de polarisation affectant la lumière engendrée. C'est ce que la puissante pénétration de Lorentz entrevit immédiatement, l'esprit illuminé par ses propres conceptions, dès qu'il eut connaissance du résultat de Zeeman. Confirmée par l'expérience, cette nouvelle découverte faisait connaître, pour la première fois, l'émission de radiations naturellement polarisées.

La personnalité de Lorentz ne sera pas diminuée par le recul du temps. Dès maintenant son nom prend place, dans l'histoire des sciences, à côté de ceux des grands génies qui ont honoré l'humanité.

Aux pertes douloureuses dont je viens de parler, s'ajoutent celles de trois de nos correspondants : Félix Lagrange, Luigi Bianchi et Théodore William Richards.

Félix Lagrange a consacré sa vie à la clinique de l'œil. Par la découverte du traitement chirurgical efficace du glaucome, affection suivie autrefois irrémédiablement de cécité, son nom mérite d'être inscrit sur la liste des bienfaiteurs de l'humanité.

Luigi Bianchi laisse des travaux d'analyse mathématique et de géométrie différentielle qui le classent parmi les savants honorables de son époque.

Richards s'est surtout fait connaître par des recherches relatives à la détermination des masses atomiques, avec une précision qui n'a été dépassée nulle part. Ses résultats, associés à certaines conséquences de la théorie de la radioactivité et de la dispersion des rayons X, ont servi à préciser la notion d'isotopie, d'après laquelle les éléments chimiques peuvent se composer de corps pratiquement identiques, ne se distinguant les uns des autres que par des différences entre leurs poids atomiques.

Si quelque chose peut nous consoler des deuils que nous avons subis au cours de cette année, c'est la pensée d'avoir donné à nos regrettés confrères des remplaçants dignes d'eux et de l'Académie. Nous avons la certitude que leurs successeurs se conformeront aux belles et grandes traditions qui ont été, dans le passé, le ferme soutien de notre compagnie.

Messieurs, je parlais à l'instant de l'effet remarquable du champ magnétique sur la structure des radiations lumineuses et des espérances que ce phénomène a fait naître, pour nous donner accès à l'intérieur de l'atome. Ces espérances n'ont pas été déçues; aussi a-t-on cherché à employer des dispositifs de plus en plus efficaces pour forcer la nature à nous livrer de nouveaux secrets.

C'est dans la construction d'électro-aimants puissants, pouvant servir aussi à d'autres applications, qu'ont porté les efforts. Celui que l'Académie possède, depuis cette année, est de dimensions exceptionnelles. Il pèse 120 tonnes et utilise la puissance de 100 kilowatts. Conçu par notre confrère M. Cotton, après des recherches aussi savantes que difficiles, il a été installé dans un local spécialement aménagé, à Bellevue, à l'Office des recherches scientifiques et des inventions, dirigé par notre confrère M. Breton.

Depuis longtemps M. Cotton, agissant par la parole et les écrits, s'était fait l'apôtre de cette réalisation. Il avait été frappé, dès avant 1914, du gain considérable qu'on trouve à augmenter les dimensions des électro-aimants, particulièrement dans l'étude de la biréfringence optique des liquides transparents, découverte par lui, en collaboration avec M. H. Mouton. Dès cette époque, il montrait que la possession d'un grand

appareil de ce genre devait être considérée comme une question d'intérêt général.

Notre regretté confrère, le prince Roland Bonaparte, qui alliait le savoir à la générosité d'un grand bienfaiteur, avait l'esprit trop éclairé, pour ne pas désirer attacher son nom à une pareille œuvre. Il était sur le point d'en faire les frais, lorsque la guerre éclata, entraînant l'abandon des spéculations pacifiques, au milieu des calamités publiques.

Après la fin des hostilités, M. Cotton reprenant son projet, élabora les plans d'un puissant instrument, s'inspirant des idées de notre confrère M. Pierre Weiss qui avait antérieurement contribué plus que personne à perfectionner les électro-aimants de laboratoire. En 1924, il faisait adopter ses conceptions par l'Académie qui consacra à leur réalisation la somme de un million, prélevée sur les fonds de la journée Pasteur, conformément au vœu exprimé par une commission spéciale qui avait déjà fonctionné, en 1914, sur l'initiative du président de l'Académie, alors M. Paul Appell. Mais il ne fut pas possible de passer immédiatement à la construction. Certaines difficultés d'installation entraînèrent la modification du projet primitif. Il fallut faire aussi une série d'essais méthodiques sur un modèle réduit du type définitivement adopté. Par surcroît, il y eut à lever les obstacles créés par l'instabilité de notre monnaie. Finalement le résultat a été heureusement acquis et le champ magnétique de l'appareil correspond bien aux prévisions de M. Cotton.

Tel qu'il est, l'électro-aimant convient à la plupart des recherches. On lui ajoutera cependant un complément : des bobines supplémentaires, placées entre les pôles, rappelant celles que notre confrère M. Deslandres employait déjà en commun avec Pérot, en 1914, et consommant des courants de plusieurs milliers d'ampères. Ces bobines, dont le champ direct s'ajoute à celui de l'aimant, serviront lorsqu'il y aura lieu d'accroître, coûte que coûte, l'intensité des champs utilisés. Dès à présent, deux groupes de transformateurs d'une puissance de 2000 kilowatts, prévus à cet effet, sont déjà installés à Bellevue.

Il faut se féliciter que dans notre pays, où avait été déplorée avec raison la misère des laboratoires, de tels moyens d'action aient pu être rassemblés. Sans doute il arrivera encore parfois que des découvertes pourront être faites avec des moyens rudimentaires, à l'égal de ceux qui ont conduit Henri Becquerel à déceler la radioactivité de la matière. Mais la règle générale, en physique comme en astronomie, est la subordination directe des

progrès de la connaissance scientifique à la puissance des moyens d'investigation. Et il faut être reconnaissant à tous ceux qui contribuent à les accroître.

Dans cette pensée l'Académie, justement fière de l'œuvre à laquelle M. Cotton a attaché son nom et ses efforts, lui a décerné, à l'unanimité, le prix Albert Ier de Monaco, d'une valeur de 100000fr, pour lui donner les moyens de l'embellir encore, en y apportant le dernier couronnement.

Messieurs, la découverte d'une propriété optique nouvelle, l'histoire nous en fournit le témoignage, a invariablement été suivie de progrès souvent décisifs dans l'avancement des sciences. Celle du spectroscope a fait connaître la constitution chimique des astres et l'existence d'éléments nouveaux que l'on devait plus tard rencontrer sur la terre. Cet instrument nous renseigne maintenant sur les distances fabuleuses, parcourues par la lumière, dans les espaces insondables de l'univers, avant de nous parvenir. Allié au principe Doppler-Fizeau, il a ouvert le champ d'action immense fécondé par la mesure des vitesses radiales des étoiles. Comment ne pas citer, entre bien d'autres exemples choisis dans le domaine de l'astronomie, la conséquence d'une idée, émise également par notre illustre confrère Fizeau, qui a conduit à la mesure des diamètres stellaires? N'a-t-on pas assisté aussi au rôle, attribué par Hale au phénomène de Zeeman, pour déceler le champ magnétique des taches solaires?

Or, il arrive qu'un phénomène remarquable, jusqu'ici totalement insoupçonné, vient d'être signalé par le physicien hindou M. Raman. Sa découverte a sans doute été provoquée par des recherches récentes, fort intéressantes par elles-mêmes, sur la diffusion des gaz, dans ses rapports avec la théorie de Rayleigh, recherches qui ont rappelé l'attention sur la diffusion propre des liquides, abstraction faite des effets produits par les corpuscules solides, tenus en suspension, d'ailleurs fort difficiles à éliminer en totalité.

M. Raman a vu que tout liquide, traversé par un rayonnement monochromatique, diffuse cette radiation et, en plus, émet une série de radiations nouvelles, de longueurs d'ondes différentes de celle de la radiation excitatrice. Il s'agit là d'une transformation bien distincte de celle dont la fluorescence proprement dite fournit l'exemple; elle est d'ailleurs caractérisée par des lois simples. Change-t-on la fréquence de la radiation excitatrice, toutes les radiations secondaires la suivent dans le spectre, de telle façon que leurs propres fréquences conservent une différence constante avec la

première. Bien plus! ces radiations secondaires sont partiellement polarisées, à des degrés différents, avec des écarts qui se maintiennent aussi lorsqu'on change la radiation primaire, ainsi que M. Cabannes l'a récemment établi.

Quelles surprises ce nouveau phénomène, encore à peine étudié, réserve-t-il à l'avenir? Sans vouloir être prophète, il n'est pas téméraire de penser qu'il peut être appelé à jouer, vis-à-vis de la constitution des édifices moléculaires, un rôle comparable en importance à celui de l'effet Zeeman, à l'égard des atomes.

S'il est légitime de fonder de belles espérances sur les découvertes illuminant le domaine de la science pure et de se lancer à l'aventure dans les voies jusqu'ici insoupçonnées dont elles ouvrent l'accès, il ne faut pas accorder moins d'attention aux recherches patientes et de longue haleine, menées d'après un plan longuement réfléchi, qui préparent les conquêtes de l'avenir, en lui léguant de précieux documents. De cette nature est l'œuvre de notre confrère M. Helbronner. Les travaux géodésiques auxquels il a sacrifié son énergie, son intelligence, sa santé, sa fortune sont un sujet de gloire pour notre pays. Parcourant les Alpes françaises d'un bout à l'autre, durant trente années, il en a effectué à lui seul la triangulation, n'hésitant pas à opérer dans les stations d'habitabilité aussi rude que d'accès difficile. Homme des réalisations considérées par tous comme impossibles, il a eu le mérite d'apporter le dernier couronnement à son œuvre, en reliant la Corse à la côte française. Cette opération remarquable, apparentée à celle de la liaison de l'Algérie à l'Espagne, exécutée autrefois par le commandant Perrier et le général Ibanès, était encore plus difficile.

Notre confrère a été soutenu, dans ses recherches, par son culte de la montagne, capable d'inspirer à ceux qui l'aiment les sentiments les plus nobles et les dévouements les plus généreux. Il s'est acquitté envers elle des douces émotions qu'elle lui a procurées, en lui consacrant sa vie pour la faire mieux connaître et apporter l'ordre dans le chaos dont elle est sortie.

Le dynamisme qui lui a donné naissance, travaille encore inlassablement à modifier la face du globe : ici en faisant monter des profondeurs les matériaux volcaniques; ailleurs en provoquant des déformations du sol, d'allure infiniment lente mais inflexible que rien ne saurait entraver. C'est à l'astronomie de révéler ces modifications progressives qui exigent la

complicité du temps pour prendre corps. La mesure des variations des coordonnées géographiques, à longue échéance, est l'arme dont cette science dispose, pour y parvenir. Tel est l'objet des déterminations de longitudes, effectuées simultanément en des points éloignés de la surface du globe. Récemment inaugurées, elles ont été instituées par le Bureau des longitudes, avec le concours de la T. S. F., à l'instigation de notre confrère le général Ferrié.

Messieurs, les hommes de ma génération ont été témoins de grandes et belles choses. Ils ont vu naître le téléphone, le phonographe, l'ampoule électrique, le cinématographe, la direction des ballons, la photographie des couleurs, les rayons X, l'automobile, l'aviation, la T. S. F., la radioactivité de la matière, la lampe électronique à trois électrodes. Ils ont vu le triomphe des idées de Pasteur. En ce moment même, ils assistent une fois de plus à l'éclosion d'une nouveauté dont l'importance ne saurait être comparée qu'à celle de l'invention de la machine à vapeur. Il s'agit pourtant, en l'espèce, d'une machine à vapeur; mais cette machine à vapeur ne dévore pas de charbon.

Le 15 novembre 1926, l'Académie était témoin d'une curieuse expérience, exécutée en séance par notre confrère M. Claude. Le dispositif instrumental comprenait un récipient contenant de l'eau à 28°, en communication, par l'intermédiaire d'une petite turbine, avec un second vase clos renfermant de la glace. Le vide ayant été fait dans toutes les parties de l'appareil, la turbine se mit aussitôt en marche, commandant une dynamo alimentant plusieurs lampes à incandescence. On se trouvait en présence d'un fait complètement inattendu, établissant que la vapeur émise par l'eau, sous une tension de quelques centièmes d'atmosphère, est capable de produire un travail mécanique important, en allant se condenser sur la source froide. M. Claude avait d'ailleurs prévu ce résultat par le calcul, en collaboration avec M. Boucherot, et reconnu que la vapeur d'eau à $\frac{3}{100}$ d'atmosphère, c'est-à-dire à une pression 600 fois moindre que celle des locomotives, se détendant à $\frac{1}{100}$ d'atmosphère, produit un travail cinq fois moindre seulement que la vapeur se détendant de 20 atmosphères à $\frac{1}{5}$ d'atmosphère.

Comment utiliser industriellement ces propriétés? En prenant, comme source chaude, l'eau de surface des mers tropicales et comme source froide celle des grandes profondeurs, captée par un tuyau de forte section et venant d'elle-même à la surface, en vertu de la propriété des vases communicants. Les conditions dans lesquelles se présente la réalisation d'une pareille entre-

prise correspondent précisément aux données du calcul suggestif dont je viens de donner les résultats. Il y a naturellement à tenir compte de l'énergie absorbée par le jeu des pompes servant à accélérer l'arrivée de l'eau froide et à entretenir le vide. Les inventeurs n'y ont pas manqué.

Le 1[er] juin de cette année, on pouvait voir fonctionner à Ougrée-Marihaye, en Belgique, une installation Claude-Boucherot, mettant en œuvre 700$^{m^3}$ d'eau froide à l'heure et 700$^{m^3}$ de la même eau, réchauffée préalablement de 20°, tenant lieu, dans la circonstance, de la source chaude naturelle. La puissance de la turbine, prévue pour 50 kilowatts, a pu être poussée sans inconvénient à 60 kilowatts, à la vitesse de 5500 tours par minute. Je dois ajouter que les conditions d'aménagement de l'installation d'Ougrée, à Cuba, sont actuellement à l'étude, pour lui fournir les deux sources thermiques naturelles qu'elle doit utiliser. Certes, l'immersion du long tube, destiné à amener l'eau des profondeurs de la mer à la surface, pourra offrir des difficultés sérieuses. Les auteurs sauront en triompher, à en juger par celles dont M. Claude est venu à bout, pour créer l'industrie de l'air liquide et celle de l'ammoniaque.

A son retour d'Ougrée, où il était allé assister à l'inauguration de l'installation, avec d'autres membres de l'Académie, M. Le Chatelier exprimait en séance, en termes saisissants, l'impression qu'il avait ressentie en voyant tourner une machine à vapeur réelle, fonctionnant entre des limites de température de quelques degrés seulement, chose considérée comme irréalisable par tous les gens du métier. Et il insistait sur l'importance de cette invention, pour l'avenir de la civilisation mondiale, lors de l'épuisement des mines de combustibles.

On a dit avec raison que les découvertes d'importance sont ordinairement préparées par d'autres qui les ont précédées souvent longtemps à l'avance. Celle dont il vient d'être question est assise sur les principes de la thermodynamique qui dominent l'énergétique moderne. On ne saurait trouver d'exemple plus frappant du rôle bienfaisant de la science, dans ses applications à l'industrie. D'ailleurs les connaissances humaines, dans toutes leurs branches, sont comparables à une chaîne à laquelle les chercheurs ajoutent sans cesse de nouveaux anneaux. Chacun est soutenu par ceux qui le précèdent et sa propre solidité se manifeste sous l'effort de ceux qui le suivent, par la résistance victorieuse qu'il est capable de leur opposer.

Le manque de temps m'empêche malheureusement de parler, comme je l'eusse désiré, de bien d'autres travaux qui honorent l'activité de nos con-

frères et des savants étrangers à l'Académie. Tous ont sacrifié à leurs œuvres le meilleur d'eux-mêmes et contribué à faire fructifier les richesses intellectuelles de notre pays.

Aussi bien nous pouvons actuellement regarder l'avenir avec sérénité. Si l'on a pu craindre, après la grande tourmente, la désertion en masse des chantiers de la science pure, au profit de ceux de l'utilitarisme à outrance, les appréhensions commencent maintenant à se calmer. La jeunesse s'est remise à l'étude, fournissant d'habiles ouvriers qui manifestent comme autrefois un goût de bon augure pour l'idéalisme. Ils s'apprêtent à retourner, à leur tour, le champ des investigations fécondes dont le sol inépuisable a été maintes fois labouré avec fruit, dans le passé, par ceux qui les ont précédés. Et l'utilitarisme sera le premier à en bénéficier. Les racines qui aspirent la nourriture nécessaire à son expansion trouveront toujours celle qui lui convient le mieux, dans les terrains fertilisés par la recherche désintéressée.

Dans un instant nous allons couronner des savants, appartenant à l'élite laborieuse des temps présents. Avant de proclamer les récompenses que nous leur décernons, vous me saurez gré de rappeler l'événement glorieux pour l'Académie, qui a consacré, au cours de l'année, le 50e anniversaire dans l'enseignement de notre secrétaire perpétuel M. Émile Picard. Toutes les nations ayant le culte de la pensée humaine se sont fait représenter à cette cérémonie par des délégués illustres, chargés d'apporter leur tribut d'admiration à notre compatriote. Une médaille, offerte à M. Émile Picard et rappelant les étapes de sa carrière, a été gravée à son effigie par l'artiste G. Prud'homme, avec l'appui financier de nombreux souscripteurs. En ce jour, je me fais l'interprète de ses confrères pour renouveler à notre secrétaire perpétuel leurs affectueuses félicitations et la haute estime scientifique qu'ils professent pour ses travaux.

Je donne la parole à M. le Secrétaire perpétuel pour la lecture du palmarès.

PRIX ET SUBVENTIONS ATTRIBUÉS EN 1928.

RAPPORTS.

MATHÉMATIQUES.

PRIX PONCELET.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Appell, Painlevé, Lecornu, Hadamard, Goursat, Borel, Lebesgue; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Gaston Julia**, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour l'ensemble de son œuvre mathématique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX FRANCŒUR.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Émile Picard, Appell, Painlevé, Lecornu, Goursat, Borel, Lebesgue; Hadamard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Szolem Mandelbrojt**, maître de conférences à la Faculté des sciences de Lille, pour ses travaux d'Analyse mathématique.

M. Mandelbrojt s'est fait connaître par une série de remarquables et

importants résultats sur la théorie des séries de Taylor et la détermination, toujours difficile, de leurs points singuliers. Il a commencé par l'étude des séries qui présentent des *lacunes*, c'est-à-dire dans lesquelles une partie des coefficients sont nuls. Aux résultats bien connus que l'on possédait auparavant à cet égard, il en a, grâce à des remarques ingénieuses et profondes, ajouté un grand nombre d'autres appartenant à des types nouveaux et variés. Notons par exemple ceux qui concernent la mise en évidence, sur le cercle de convergence, de points singuliers nécessairement autres que des pôles. Les relations qui existent à cet égard entre deux séries entières $f(x)$, $g(x)$ « complémentaires », c'est-à-dire telles que les puissances de x qui ont des coefficients différents de zéro dans l'une aient des coefficients nuls dans l'autre, sont particulièrement remarquables.

Un peu plus tard, ce jeune géomètre, mettant à profit les Leçons de notre confrère M. Volterra dont il alla suivre l'enseignement à Rome, enrichit de plusieurs beaux théorèmes le Calcul fonctionnel.

Revenant à un ordre d'idées voisin de celui qui l'avait attiré tout d'abord, M. **Mandelbrojt** s'est récemment consacré aux séries de Dirichlet $\Sigma a_n e^{-\lambda_n s}$ et, là encore, déploie la même activité féconde et la même richesse d'invention qui l'avait précédemment signalé à l'attention du monde savant. Dans l'étude de ces séries où intervient, de façon fort complexe, la double influence des quantités λ_n qui figurent en exponentielles et des coefficients a_n par lesquels ces exponentielles sont multipliées, il a eu l'idée aussi profonde qu'audacieuse de chercher à séparer ces deux influences et il y a réussi dans des énoncés qui fournissent les affixes des seuls points singuliers possibles de la série comme somme de quantités dont les unes ne dépendent que des λ, les autres que des a.

D'autres beaux théorèmes relevant d'autres chapitres de la Théorie des fonctions analytiques et obtenus, comme d'ailleurs ceux que nous venons de mentionner en dernier lieu, par un emploi heureux de la notion de familles normales due à M. Montel, mériteraient encore d'être cités. Ce qui précède suffit à montrer quel bel avenir scientifique l'œuvre dont il s'agit, si importante dès à présent, promet à son auteur.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

MÉCANIQUE.

PRIX MONTYON.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Émile Picard, Appell, Sebert, Lecornu, Kœnigs, Rateau, Mesnager; Vieille, rapporteur.)

M. **Filippo Burzio**, ingénieur et professeur à l'École Polytechnique et à l'Académie militaire de Turin, est l'auteur d'importants mémoires de balistique extérieure qui ont été insérés soit au *Mémorial de l'Artillerie française*, soit dans les publications du Ministère de la Guerre italien et dans les *Comptes rendus de la Royale Académie des Lincei*.

Ces mémoires sont présentés par l'auteur à l'Académie des Sciences avec des appréciations favorables des balisticiens français les plus qualifiés, parmi lesquels on peut citer M. l'Inspecteur général Charbonnier et M. le Comte de Sparre.

Ses études sur les vitesses de précession et de nutations balistiques l'ont conduit à des théorèmes remarquables, mettant en évidence la différence entre le problème gyroscopique du projectile et celui de la toupie.

D'autre part ses recherches sur la nutation balistique, sur la détermination de la résistance oblique de l'air et sur la loi aérodynamique qui résulte de la comparaison des valeurs des dérivations calculées et des valeurs mesurées dans ces expériences de tir, présentent un intérêt théorique et pratique qui justifie pleinement l'attribution à l'auteur du prix Montyon de Mécanique.

En conséquence, la Commission vous propose d'attribuer le prix Montyon à M. **Filippo Burzio** pour l'ensemble de ses travaux balistiques.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX FOURNEYRON.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Émile Picard, Appell, Sebert, Vieille, Lecoruu, Kœnigs, Rateau, Mesnager.)

Le prix n'est pas décerné.

PRIX BOILEAU.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Émile Picard, Appell, Sebert, Vieille, Lecornu, Kœnigs, Rateau, Mesnager.)

Le prix n'est pas décerné.

PRIX HENRI DE PARVILLE.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Émile Picard, Appell, Sebert, Vieille, Lecornu, Kœnigs, Mesnager ; Rateau rapporteur).

La Commission propose de décerner le prix à M. **Freddy Ch. Haus**, ingénieur attaché au Service technique de l'aéronautique belge, pour son *Étude dynamique de la vrille*.

Il est établi que, lorsqu'un avion se déplace à un angle d'incidence élevé, son mouvement est dynamiquement instable. Difficile à maintenir, la trajectoire rectiligne se transforme spontanément en une trajectoire hélicoïdale à axe vertical, que l'avion parcourt en tournoyant sur lui-même. C'est ce qu'on appelle la vrille.

Le premier chapitre du travail de M. **Haus** rappelle ces faits. Se basant sur les caractéristiques aérodynamiques des gouvernes, il montre que l'action de celles-ci tend souvent à précipiter ces phénomènes et à accélérer le passage d'un avion en vrille.

Le mouvement de vrille a pour cause l'autorotation, qui peut s'obtenir au tunnel en permettant à un modèle d'avion, que l'on présente au courant sous une grande incidence, de tourner autour d'un axe parallèle à la direction du vent.

Au cours du chapitre II, M. Haus indique comment ce phénomène est lié à l'allure des courbes de traînée et de portance, en fonction de l'incidence. Il applique la méthode théorique de Glauert pour le calcul des vitesses d'autorotation à un monoplan et à une série de cellules biplanes qu'il a essayées au tunnel, et donne la comparaison entre les résultats théoriques et expérimentaux. Mais, tandis que le mouvement susceptible d'être produit au tunnel n'a qu'un seul degré de liberté, le mouvement de vrille en a six, puisqu'il obéit aux trois équations de translation et aux trois équations de rotation d'un solide.

Dans les chapitres suivants, M. Haus montre que les résultats obtenus dans l'étude de l'autorotation ne peuvent pas remplacer la discussion des six équations du mouvement, mais doivent être introduits dans celles-ci.

Dans cette partie du travail, qui constitue une étude entièrement originale, l'auteur calcule les limites dans lesquelles se placeront les cas de vrille réelle satisfaisant aux équations, et établit comment l'avion finit par s'orienter sur sa trajectoire quand le mouvement est devenu permanent.

Il montre que le coefficient de stabilité statique longitudinale joue un rôle important, et qu'il faut, si l'on veut éviter des trajectoires dangereuses, doser en quelque sorte ce coefficient de stabilité en fonction d'autres caractéristiques de l'avion, notamment en fonction des caractéristiques d'autorotation.

Ayant, en quelque sorte, isolé du système la discussion de l'équation d'équilibre de tangage, l'auteur énonce, au cours du chapitre IV, des conclusions nouvelles.

Pour arriver à ce résultat, il a été conduit à faire certaines hypothèses nettement indiquées dans le Mémoire. Ces hypothèses sont reprises au chapitre V, où l'auteur en discute la validité et indique quels sont les points qu'il importerait d'élucider pour serrer l'étude du phénomène de plus près.

En résumé,

Au point de vue théorique, l'étude est une discussion des équations du mouvement, basée sur l'introduction de résultats expérimentaux.

Au point de vue pratique, l'auteur passe en revue les dispositifs à réaliser pour diminuer le danger de la vrille, explique les causes des dispositions favorables et des dispositions défavorables, et propose une relation quantitative à observer, entre différentes caractéristiques, pour éviter les accidents dus à la vrille à plat.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

ASTRONOMIE.

PRIX LALANDE.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Émile Picard, Appell, Bigourdan, Baillaud, Hamy, Puiseux, Andoyer; Deslandres, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Bernard Lyot**, de l'Observatoire de Meudon, pour ses travaux sur la polarisation des planètes.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX VALZ.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Émile Picard, Appell, Deslandres, Baillaud, Hamy, Puiseux, Andoyer; Bigourdan, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Georges van Biesbrœck**, professeur d'astronomie à l'Université de Chicago.

La carrière astronomique déjà longue de M. G. van Biesbrœck débuta vers 1903, à l'Observatoire Royal de Belgique, par des observations très variées : mesures d'étoiles doubles, observations de position de comètes, observations physiques de surfaces planétaires, etc., sans exclure les calculs d'orbites et les recherches historiques.

Plus tard il a poursuivi le même programme en Amérique, au célèbre Observatoire Yerkes, près de Chicago, où il dispose des moyens optiques les plus puissants.

Tout astronome qui veut travailler avec succès à l'Astronomie d'observation doit se donner un programme varié, étendu, afin de pouvoir utiliser tout le temps découvert; c'est ce qu'a fait M. van Biesbrœck : quand les images étaient calmes il s'adonnait aux mesures oculaires de parallaxes ou d'étoiles doubles; pour celles-ci il s'attaquait de préférence aux couples les plus serrés, qui sont les plus intéressants parce que leurs durées de révolu-

tion sont les plus courtes. Et quand les images devenaient ondulantes, il passait aux comètes, par exemple, pour déterminer leurs positions sur la sphère céleste.

A partir de 1922, outre les observations visuelles, il emploie le procédé photographique pour les comètes, et c'est avec le plus grand succès. Incidemment il a pu retrouver ainsi le premier la comète d'Encke dans ses retours de 1924 et de 1927, les comètes Pons-Winnecke et Schaumasse en 1927. Celle-ci se présentait dans les conditions les plus défavorables et il était de la plus haute importance de la revoir pour mieux fixer son moyen mouvement. Ce n'est pas ici le lieu d'indiquer en détail le matériel considérable d'observations qui a été ainsi réuni; nous en avons assez dit pour justifier la proposition de la Commission qui vous propose d'accorder le prix Valz à M. **G. van Biesbrœck** pour l'ensemble de ses travaux.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

MÉDAILLE JANSSEN.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Émile Picard, Appell, Bigourdan, Baillaud, Hamy, Puiseux, Andoyer; Deslandres, rapporteur.)

La Commission propose de décerner la médaille à M. **William Wright**, astronome à l'Observatoire Lick, pour l'ensemble de ses travaux.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX LA CAILLE.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Émile Picard, Appell, Deslandres, Bigourdan, Baillaud, Hamy, Puiseux, Andoyer.)

Le prix est reporté à 1929.

FONDATION ANTOINETTE JANSSEN.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Emile Picard, Appell, Deslandres, Bigourdan, Baillaud, Hamy, Puiseux, Andoyer.)

Les arrérages de la fondation ne sont pas attribués.

GÉOGRAPHIE.

PRIX DELALANDE-GUÉRINEAU.

(Commissaires : MM. Douvillé, Mangin, Lallemand, Fournier, Bourgeois, Ferrié, Fichot, Perrier ; Lecomte, rapporteur.)

Destiné « au voyageur français ou au savant qui aura rendu le plus de services au pays ou à la science », le prix Delalande-Guérineau, pour l'année 1928 ne saurait être mieux attribué qu'à M. **Paul Serre**, Consul de France à Auckland.

M. Paul Serre fait partie de notre corps consulaire depuis plus de 30 ans et, de ce fait, il a séjourné dans presque toutes les parties du monde, toujours empressé à mettre son activité au service de la science, en faisant parvenir aux Établissements scientifiques tels que le Muséum d'Histoire naturelle, les matériaux d'étude, parfois très rares, qu'il avait réussi à se procurer. Le Muséum a déjà reçu de M. P. Serre plus de 250 envois, et les travaux scientifiques élaborés grâce à ces matériaux ne se comptent plus.

La Commision propose d'attribuer à M. **Paul Serre** le prix Delalande-Guérineau pour 1928.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX GAY.

(Commissaires : MM. Douvillé, Mangin, Lallemand, Fournier, Bourgeois, Ferrié, Fichot, Perrier ; H. Lecomte, rapporteur.)

Sous le titre de *Végétation de la moitié orientale des Pyrénées*, M. **Henri Gaussen**, actuellement chargé d'un cours à la Faculté des sciences de Toulouse, a rassemblé une documentation particulièrement intéressante sur le sol, les conditions climatériques et la flore d'une partie importante des Pyrénées.

Très sagement, au lieu de sacrifier à la tendance actuelle et de ne consi-

dérer la flore qu'au point de vue un peu spécial, mais d'ailleurs séduisant, de la Phytosociologie, l'auteur a pensé qu'il était plus utile de donner une idée aussi exacte que possible des formations végétales rencontrées dans la région étudiée, en recherchant leurs relations avec le milieu d'une part et avec les flores antérieures d'autre part. Le travail comprend donc tout d'abord une étude très intéressante du milieu, destinée à expliquer les faits physiologiques et servant de préface à l'examen des diverses formations.

De nombreuses cartes de régions étudiées et une belle collection de photographies documentaires viennent heureusement illustrer cet important travail qui a nécessité de la part de l'auteur des séjours et des voyages multiples dans la partie orientale des Pyrénées.

Cet ouvrage est appelé à renseigner utilement non pas seulement les botanistes, mais encore les géologues, les forestiers, les agronomes et d'une façon générale tous ceux qu'intéressent la constitution géologique, le climat et la flore des Pyrénées.

La Commission propose d'attribuer le prix Gay à M. **Henri Gaussen**.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION TCHIHATCHEF.

(Commissaires : MM. Douvillé, Mangin, Lallemand, Fournier, Bourgeois, Ferrié, Fichot, Perrier; Lecomte, rapporteur.)

M. **Eugène Poilane**, du Service forestier de l'Indochine, parcourt depuis près de dix ans les diverses parties de notre colonie, dans le but de recueillir des matériaux d'Histoire naturelle, spécialement de Botanique et d'Entomologie. Vivant comme les indigènes, il a pu pénétrer dans les régions de l'intérieur, considérées jusqu'ici comme les plus inaccessibles.

Il a fourni au Muséum national d'Histoire naturelle des collections très importantes qui font de lui le premier collecteur de cet établissement. Ses récoltes sont d'ailleurs toujours accompagnées de notes intéressantes qui dénotent un réel esprit d'observation et une sagacité sans cesse en éveil.

La Commission des Prix de Géographie propose d'attribuer à M. **Eugène Poilane**, *à titre de subvention*, les arrérages de la Fondation Tchihatchef pour 1928.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX BINOUX.

(Commissaires : MM. Douvillé, Mangin, Lallemand, Lecomte, Fournier, Bourgeois, Ferrié, Fichot; Perrier, rapporteur.)

La Commission propose de décerner :

Un prix de 1000^{fr} à M. **Carlos Ibanez de Ibero**, ingénieur de l'École des Travaux publics, pour ses travaux relatifs au percement d'un tunnel sous le détroit de Gibraltar;

Un prix de 1000^{fr} à feu **Paul Soulier**, ancien élève de l'École polytechnique, actuaire-conseil, pour son ouvrage sur le relief de la Terre.

M. **Carlos Ibañez de Ibero**, correspondant de l'Académie royale des Sciences morales et politiques de Madrid, secrétaire général de l'Institut d'études hispaniques de l'Université de Paris, qui a maintes fois prouvé sa sympathie pour la France, a conçu dès 1908 un projet de tunnel sous le détroit de Gibraltar permettant un jour la jonction des réseaux ferroviaires de l'Espagne et du Maroc. On conçoit quelles pourraient être les conséquences économiques d'une telle liaison, destinée à ouvrir la voie la plus rapide entre l'Europe, l'Afrique occidentale et l'Amérique du Sud, à faciliter entre la France et le Maroc des relations rapides, justifiées par le prodigieux essor actuel de la zone du Protectorat français, à faire de l'Espagne un pays de transit parcouru par une grande voie internationale, etc.

A présent que le Tanger-Fez fonctionne normalement, le projet de M. Ibañez, qui pouvait paraître utopique il y a une vingtaine d'années, s'impose à l'attention publique. Son idée a reçu de la part d'un grand nombre de personnalités espagnoles et françaises un bienveillant accueil. En 1927 M. Ibañez a publié un avant-projet détaillé, étudiant successivement, en ingénieur, la nature du terrain, les tracés possibles pour le tunnel, leurs profils, prévoyant les particularités relatives à la construction, à la voie, estimant la durée et le prix des travaux, les frais d'exploitation et les recettes de la ligne. La question est dès à présent nettement posée.

Par l'attribution proposée, l'Académie encouragera M. **Ibañez** à persévérer dans des études pleines de promesses, qui peuvent avoir pour notre pays des résultats si considérables.

M. **Paul Soulier**, dont nous venons d'apprendre la mort, a été attiré par l'étude du *relief de la Terre, de son origine et de son évolution*. Il a exposé

les résultats de ses travaux dans un important ouvrage publié en 1925, que l'Académie n'a pu récompenser en 1927 en raison du nombre de candidats aux prix de Géographie et de Navigation, mais qu'elle avait dès lors retenu pour 1928.

L'ouvrage de M. Soulier est à la fois didactique et rempli de vues personnelles.

Il est didactique, car il contient des renseignements très documentés sur nos connaissances relatives à l'orographie, donnant la preuve d'une solide érudition de l'auteur à ce sujet.

D'autre part, en s'appuyant principalement sur la considération des *courbes hypsographiques empirique et structurale* du relief terrestre, il parvient à une série de connaissances et de données numériques nouvelles, par exemple à la notion du *bourrelet continental*, formé des débris arrachés par l'érosion aux terres émergées et accumulées autour des océans et des îles, bourrelet dont il indique le mode de formation et d'évolution. Il expose une théorie orogénique originale en expliquant par l'extension de bassins circulaires toutes les formes caractéristiques du relief de la Terre et tout au moins la répartition générale de ce relief sur les deux corps célestes dont la surface nous est le mieux connue, après celle de la Terre, la Lune et Mars.

On ne saurait adopter toutes les idées de M. **Soulier** sans les soumettre à un sévère examen. Il n'en reste pas moins acquis que son œuvre constitue une importante synthèse représentant un effort considérable. Soulevant quantités d'idées, elle est digne des méditations du géographe et du géophysicien.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

NAVIGATION.

PRIX DE SIX MILLE FRANCS.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Sebert, Vieille, Lallemand, Lecornu, Fournier, Bourgeois, Kœnigs, Rateau, Mesnager, Laubeuf, Ferrié, Fichot, Perrier; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à MM. **Dieudonné Costes** et **Joseph-Marie Le Brix**, pour leur remarquable randonnée aérienne.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX PLUMEY.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Émile Picard, Sebert, Vieille, Lallemand, Lecornu, Fournier, Bourgeois, Kœnigs, Rateau, Mesnager, Laubeuf, Ferrié, Perrier; Fichot, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Albert Thuloup**, ingénieur en chef du Génie maritime, pour son Mémoire intitulé : *Essai sur la fatigue des tuyaux minces à fibre moyenne plane ou gauche.*

La détermination des efforts auxquels sont soumis les tuyaux de vapeur est un problème d'autant plus important que les pressions et températures employées sont, à l'heure actuelle, particulièrement élevées. Marbec en avait fait l'objet de deux Mémoires devenus classiques, mais il s'était borné à la considération des tuyautages à fibre moyenne plane, et avait présenté la solution sous forme géométrique.

M. l'ingénieur en chef du Génie maritime Thuloup a repris la question par une méthode nouvelle, offrant plus d'avantages pour la pratique, et il a étendu ses conclusions aux tuyaux à fibre moyenne gauche.

C'est au problème des tuyaux minces et à la détermination des points dangereux, au sens de Poiseuille, en tenant compte de l'ovalisation des sections droites, que M. Thuloup a consacré la partie la plus importante de son Mémoire. La théorie se montrant insuffisante pour élucider complètement cette question, compliquée par le fait que la fatigue n'étant pas une grandeur additive, on ne peut traiter séparément l'influence de la pression et de la température, l'auteur a été conduit à élaborer un plan d'expérimentation méthodique susceptible de combler les lacunes du calcul.

Dans la dernière partie de son Mémoire, M. Thuloup a montré comment la méthode purement géométrique de Marbec pouvait être appliquée à une poutre dont la fibre moyenne serait formée de parties planes successives et situées dans des plans différents; grâce à l'introduction de notions nouvelles, il est parvenu à des relations de polarité mécanique analogues à celles de Marbec, et dont l'ensemble constitue une théorie particulièrement remarquable.

Votre Commission estime que, par l'originalité des méthodes et l'importance pratique des résultats, la valeur du travail de M. **Albert Thuloup** mérite d'être reconnue par l'attribution du prix Plumey.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PHYSIQUE.

PRIX L. LACAZE.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Émile Picard, Villard, Branly, Janet, Brillouin, Perrin, Fabry; Cotton, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer le prix à M. **Charles Mauguin**, professeur à la Faculté des Sciences de Paris, pour l'ensemble de ses travaux.

M. Mauguin a débuté dans la Science sous la direction du regretté L.-J. Simon qui avait éveillé sa vocation scientifique; aussi fit-il d'abord des recherches de Chimie organique : sa Thèse de Doctorat — un travail fort intéressant sur les amides — fut soutenue en 1910. A cette époque il entra au Laboratoire de M. Wallerant. Il se sentait, depuis plusieurs années, entraîné vers les recherches de cristallographie, surtout depuis qu'en 1905 il avait eu la bonne fortune de pouvoir suivre les leçons que Pierre Curie avait faites à la Sorbonne sur la Symétrie.

M. Mauguin ne tarda pas à se révéler non seulement comme un excellent minéralogiste — connaissant bien les espèces naturelles et les parties de la science depuis longtemps classiques — mais aussi comme un excellent physicien. Il l'a montré par les beaux travaux qu'il a publiés sur les « cristaux liquides » dont Lehmann venait de décrire les propriétés singulières. Les préparations de Lehmann étaient complexes : d'un point à l'autre l'orientation optique variait d'une façon irrégulière et capricieuse; de plus, nombre de faits observés, par exemple ceux qui se rapportaient au polychroïsme, restaient tout à fait énigmatiques. M. Mauguin a été le premier à obtenir des cristaux liquides homogènes. Il y parvint d'abord en soumettant la substance à l'action directrice d'un champ magnétique : la préparation, qui avait les propriétés optiques d'une plaque de marbre à cristallisation confuse, prend celles d'une lame de spath homogène et transparente et montre dans toute son étendue, même quand on agite le liquide, la croix et les anneaux des uniaxes. M. Mauguin découvrit aussi que les parois elles-mêmes limitant la préparation, quand elles sont convenablement choisies, peuvent suffire à orienter de la même manière les éléments anisotropes présents dans le

liquide. En employant des surfaces de mica clivé, il a obtenu des liquides *à structure hélicoïdale*, dont on peut changer les propriétés optiques à son gré en faisant tourner une des lames dans son plan.

Parmi ces propriétés se trouve précisément le polychroïsme anormal remarqué par Lehmann. M. Mauguin les explique toutes simplement en les rattachant à la représentation géométrique donnée par H. Poincaré des propriétés optiques des piles de lames. Les résultats obtenus par M. Mauguin — auxquels il convient de joindre ceux des belles recherches de MM. G. Friedel et Granjean — ont permis de classer et d'expliquer les faits relatifs à ces états « mésomorphes » de la matière.

La guerre vint interrompre ces travaux. Lorsque M. Mauguin, après l'armistice, put revenir au Laboratoire, il trouva la cristallographie tout à fait transformée. Les découvertes sur la diffraction des rayons X par les cristaux, celles surtout qu'avaient faites en Angleterre sir W. H. Bragg et son fils, offraient aux cristallographes un procédé d'étude nouveau et puissant de la structure intime des cristaux : les études sur cette structure, rajeunies par ces méthodes nouvelles, reprirent partout une grande activité. M. Mauguin se mit aussitôt à l'œuvre, étudiant d'abord les travaux de ses devanciers, puis s'outillant de façon à pouvoir les vérifier et les étendre. Il les fit connaître aux physiciens français dans un livre de la Collection des Conférences-Rapports, livre qui eut un vif succès et où il introduisait d'ailleurs d'autres notions nouvelles, utilisant notamment les théories électroniques de la valence dont il avait fait au Congrès Solvay un exposé fort remarqué. Puis il perfectionna lui-même les appareils de production des spectres de rayons X et imagina une méthode graphique très simple pour dépouiller les clichés obtenus, de sorte qu'il put bientôt apporter des résultats personnels sur plusieurs cristaux particulièrement intéressants. Il convient d'insister sur ceux que M. Mauguin a obtenus après de longues études sur les micas.

Ces cristaux, qui forment évidemment une grande famille naturelle, ont une composition fort complexe, très variable d'un mica à un autre : ceux qui cherchaient à les expliquer par la coexistence de plusieurs cristaux isomorphes ne s'accordaient même pas sur la nature des composés en présence. M. Mauguin a montré que dans tous les micas ne renfermant pas de fluor, quelle que soit leur complexité, la maille cristalline renferme toujours douze atomes d'oxygène, et que dans les micas fluorés, le nombre total des atomes d'oxygène et de fluor présents dans la maille est toujours égal à douze. Les autres atomes, les atomes électro-positifs, présents dans le cristal, peuvent

varier beaucoup, en nombre et en nature, d'un mica à un autre, ou même d'une maille à une autre, mais toujours, à la même place, on trouve dans la maille cristalline ce support formé par les douze atomes électro-négatifs. C'est donc inutilement qu'on comparait les résultats des analyses chimiques qui ne donnent pas les valeurs simples relatives à une maille isolée, mais des valeurs moyennes. Entre les divers micas, il n'existe pas d'analogies de composition chimique : c'est la structure cristalline seule qui rapproche ces substances étroitement les uns des autres. Ces conclusions ont une portée générale et s'appliqueront sans doute à d'autres groupes naturels de minéraux.

La netteté de ces résultats, la maîtrise dont M. Mauguin a fait preuve en appliquant ces méthodes nouvelles, et le soin qu'il a pris de les faire connaître à tous en les exposant avec clarté, méritaient une récompense. Votre Commission est unanime à vous proposer de décerner à M. **Mauguin**, pour l'ensemble de ses travaux de Physique, le Prix Lacaze.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX KASTNER-BOURSAULT.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Émile Picard, Villard, Branly, Janet, Brillouin, Cotton, Fabry; Perrin, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Pierre Auger**, assistant au laboratoire de chimie physique de la Sorbonne, pour ses travaux sur la structure de l'atome.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX HÉBERT.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Émile Picard, Villard, Branly, Brillouin, Perrin, Cotton, Fabry; Paul Janet, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Jean Granier**, chargé d'un cours de physique appliquée à la Faculté des sciences de Montpellier, pour son ouvrage intitulé : *Mesures électriques*.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX HUGHES.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Villard, Branly, Janet, Brillouin, Perrin, Cotton, Fabry; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Jean Thibaud**, directeur adjoint du laboratoire de physique des rayons X à l'École des Hautes Études, pour ses travaux sur les rayons X.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

FONDATION DANTON.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Émile Picard, Villard, Branly, Janet, Brillouin, Perrin, Cotton; Fabry, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer les arrérages de cette fondation à M. **Pierre Bricout**, répétiteur à l'École polytechnique, pour l'aider à continuer ses recherches sur les mesures de rayonnement.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

FONDATION CLÉMENT FÉLIX.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Émile Picard, Villard, Branly, Janet, Perrin, Cotton, Fabry; Brillouin, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer les arrérages de la fondation à M. **Paul Woog**, docteur ès sciences, pour continuer ses travaux sur l'onctuosité.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

CHIMIE.

PRIX MONTYON DES ARTS INSALUBRES.

(Commissaires : MM. Schlœsing, Le Chatelier, Moureu, Lindet, Behal, Urbain, Desgrez, Matignon ; Bertrand, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à Mme **Mélanie Rosenblatt**, docteur ès sciences, assistant à l'Institut Pasteur, pour sa collaboration à l'étude des substances volatiles agressives et à la fabrication des premiers appareils de protection contre les gaz.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX JECKER.

(Commissaires : MM. Schlœsing, Le Chatelier, Moureu, Lindet, Urbain, Bertrand, Desgrez, Matignon ; Béhal, rapporteur.)

Le Commission propose de décerner le prix à M. **Victor Auger**, professeur à la Faculté des Sciences.

Les travaux de M. Auger sont à la fois des domaines de la Chimie minérale et de la Chimie organique, qui s'unissent dans plusieurs de ses recherches. Certains d'entre eux offrent un intérêt considérable au point de vue théorique ou industriel.

Signalons-en quelques-uns dans le nombre, car il n'est pas possible, dans ce court exposé, de pouvoir en montrer toute l'importance.

Ses recherches sur l'emploi des chlorures de soufre en Chimie organique l'ont conduit à la préparation industrielle de l'acide monochloracétique et du chlorure d'acétyle.

Le premier de ces corps est utilisé actuellement pour l'obtention de la phénylglycine, matière fondamentale de la préparation de l'indigo synthétique.

Le second, le chlorure d'acétyle, est la base de la fabrication de l'anhy-

dride acétique qui sert à préparer les acétylcelluloses. Leur utilisation comme vernis et comme soie artificielle prend chaque jour un développement plus considérable. Ce sont là deux découvertes du plus haut intérêt pratique.

La préparation du chlorobenzène par un procédé continu a servi de point de départ pour la fabrication d'explosifs, et reste aujourd'hui le procédé de choix pour l'obtention du dinitrophénol.

La découverte de la thiocatéchine, matière colorante encore utilisée aujourd'hui, montre la variété de son œuvre industrielle.

L'introduction, en Chimie organique, du chlorure de thionyle, a permis la préparation de chlorures d'acides et de différents dérivés halogénés, inconnus jusque-là ou impossibles à obtenir à l'état de pureté.

Après ce préambule, suivons maintenant l'ordre de la publication de ses travaux.

Les premiers datent de 1886. Après avoir soutenu, à l'Université de Bâle, une thèse sur une matière colorante nouvelle appartenant au groupe du diphénylheptane, et provenant de l'action de la diméthylaniline sur le chlorure de l'acide heptylique, M. Auger entra au laboratoire de Ch. Friedel, où, sous la direction de cet admirable Maître, il publia une étude sur les chlorures d'acides bibasiques, et plus particulièrement sur ceux de succinyle et de malonyle. Il montra que les propriétés des acides bibasiques sont sous la dépendance étroite des positions respectives des deux groupes carboxylés, et que leur classification doit être basée sur ces positions.

Le chlorure de succinyle était alors considéré comme symétrique : M. Auger montra qu'il possédait, comme le chlorure de phtalyle, une formule dissymétrique pour la plus grande partie, mais qu'il était mélangé d'une faible quantité de chlorure symétrique.

Le chlorure de malonyle, source de produits intéressants, parmi lesquels les dicétones α, fut étudié par M. Auger en collaboration avec M. Béhal. C'est de ces recherches que date l'emploi, en Chimie organique, du chlorure de thionyle. Ce réactif, qui permet de préparer les chlorures d'acides purs par suite de la volatilité des produits de réaction du chlorure de thionyle, est dès lors devenu courant en Chimie organique, où il rend les plus grands services.

Le chlorure de thionyle doit être considéré comme un oxychlorure dérivé du tétrachlorure de soufre, aussi MM. Auger et Béhal étudièrent-ils l'action de ce composé sur l'acide acétique, puis l'action du chlore en présence de soufre sur ce même acide. Ils en firent des méthodes de préparation du

chlorure d'acétyle et de l'acide monochloracétique, qui furent copiées dans divers brevets et qui sont devenues industrielles. Rappelons que l'acide monochloracétique sert à la préparation de la phénylglycine, base de la fabrication de l'indigo artificiel.

En 1895 M. Auger entra, comme chef de laboratoire, aux Établissements Poirrier, où il se livra à l'étude de matières colorantes nouvelles, et eut l'occasion de découvrir la thiocatéchine, colorant sulfuré qui est encore usité pour la teinture du coton.

Nommé Maître de Conférences à Bordeaux, puis peu après appelé à Paris par Ch. Friedel comme chef de travaux à l'Institut de Chimie appliquée, M. Auger aborda l'étude des composés organométalliques de l'arsenic, du phosphore et de l'antimoine.

Les résultats qu'il obtint avec l'arsenic furent aussi intéressants au point de vue de la Chimie organique qu'au point de vue de la Chimie minérale. Il publia successivement des notes sur l'alcoylation systématique de l'arsenic, la synthèse de l'acide cacodylique, une méthode générale de préparation des acides mono- et diméthylarsiniques halogénés, enfin sur le méthylarsenic. A l'occasion de ces recherches, il obtient une modification colloïdale de l'arsenic. Il étudie les esters arsénique et arsénieux, fait une étude de l'anhydride arsénique et de ses hydrates, qui amena une révision complète de ceux-ci.

Les acides phosphiniques aliphatiques étaient difficilement abordables. M. Auger étudia et mit au point trois nouvelles méthodes de préparation de ces substances.

Au cours de recherches sur les composés sulfurés, il obtint les sels des deux premiers termes des acides mono- et dibasiques, les acides thioformique et thio-oxalique, découvrit, de plus, une curieuse série de composés « moléculaires » dans lesquels le soufre entre avec la molécule S^8. Il écrivit d'abord les composés iodoforme et di-iodoforme-soufre $CHI^3.3S^8$ et $C^2I^4.4S^8$; puis il étendit ce travail aux iodures minéraux, et montra que le soufre s'unit de la même manière aux iodures d'arsenic, de phosphore, d'antimoine, d'étain. Il obtint de même un composé avec le bromo-iodoforme $CHBrI^2$, dans lequel un atome de brome fixe S^8 tout aussi bien que les deux atomes d'iode.

Pendant la guerre, M. Auger collabora, de nouveau, avec M. Béhal, qui avait fondé l'Office des Produits chimiques. Tous deux étudièrent la fabrication du chlorobenzène, qui fut monté par leur procédé dans l'ancienne usine de Merck à Montereau. Ce produit fut utilisé pour l'obtention du

dinitrophénol qui est encore actuellement fabriqué dans les Poudreries par leur méthode.

En Chimie minérale, les travaux de M. Auger ont été aussi nombreux et aussi importants qu'en Chimie organique.

Citons parmi les plus intéressants :

La découverte des mangani-manganates, dans lesquels un atome de manganèse quadrivalent est relié avec un atome hexavalent.

Une étude sur le phosphate cuivreux, qui lui permit de donner une théorie de la formation des verres d'aventurine.

La description de nombreux sels de cupferron, facilitant les séparations analytiques jusque-là difficiles.

Un travail sur la constitution des rouges d'uranium.

Enfin une étude des équilibres des sels de vanadium penta- et tétravalents qui, outre son intérêt théorique, donne la clef du processus catalytique de la préparation de SO^3 par l'action de $SO^2 + O$ sur un catalyseur au vanadium.

Les travaux de M. **Auger**, qui ont marqué une place importante dans les domaines de la Chimie appliquée, de la Chimie organique, de la Chimie minérale et de la Chimie analytique justifient amplement l'attribution du Prix Jecker que la Commission à l'unanimité propose de lui décerner.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX L. LA CAZE.

(Commissaires : MM. Schlœsing, Moureu, Lindet, Béhal, Urbain, Bertrand, Desgrez, Matignon ; Le Chatelier, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Paul Pascal**, correspondant de l'Académie des Sciences, professeur de Chimie appliquée à la Faculté des Sciences de Paris, et de Chimie générale à l'École Centrale des Arts et Manufactures.

M. Pascal s'est fait connaître par des travaux également importants dans le domaine de la Science pure et dans celui de la Science appliquée. Ses recherches ont embrassé des questions très diverses de Chimie minérale, de Chimie physique et même de Chimie organique. Il a, pendant la guerre, dirigé le laboratoire de la plus importante de nos poudreries à Angoulême,

où il a mis au point de nouveaux procédés de fabrication qui ont rendu de grands services à la Défense nationale.

Ses recherches ont débuté par une étude sur les pyrophosphates de fer qui l'a conduit à la découverte de toute une série de complexes analogues aux dérivés correspondants de l'acide cyanhydrique et à des ferricyanures rentrant dans la systématique de Werner.

Ces résultats furent étendus plus tard à la série de l'uranium, dont les pyrophosphates présentent des cas d'isomérie intéressants. Ils furent le point de départ de la préparation de nombreuses séries de sels complexes, en particulier de ceux qui dérivent du cyanate d'uranyle ou des triazinetricarboxylates de la famille du fer.

Les essais d'extension aux métaphosphates des propriétés découvertes sur les pyrophosphates ont conduit M. Pascal à reprendre à pied d'œuvre la classification des métaphosphates. Il a préparé dans la série des sels alcalins les formes monomères non encore obtenues et déterminé les domaines d'existence des formes polymères. On pourra se rendre compte de la difficulté du travail en songeant qu'il existe au moins dix types distincts de métaphosphates, donnant souvent lieu à des retards d'équilibre à l'état solide ou à des dépolymérisations partielles en solution.

Incidemment, M. Pascal préparait un sous-chlorure de chromyle, des organométalliques dérivés des corps acétyléniques ou cyclohexaniques; il étudiait la pyrogénation des aldazines et préparait de nouveaux dérivés du stilbène. Il a en cours un travail sur les dérivés aminés et iminés du vanadium et sur l'acide azoteux.

Les contacts avec l'industrie et les besoins de son enseignement l'ont amené à préciser les conditions de préparation de l'aluminium, en déterminant la densité, les points de fusion et la conductibilité des bains servant à sa préparation électrolytique. Dans un autre ordre d'idées, il a mesuré les indices des mélanges d'acides gras ou de glycérides pour établir un procédé d'analyse en conjugaison avec la mesure de l'indice d'iode.

Une série de travaux étendus, poursuivis à la poudrerie d'Angoulême, ont eu pour but la mise au point de la combustion catalytique de l'ammoniaque, la préparation de l'acide nitrique concentré et des mélanges sulfonitriques, enfin un procédé entièrement nouveau pour la préparation du peroxyde d'azote. Il a réalisé à la même époque, en partant de l'acétylène, une synthèse nouvelle de l'aldéhyde, de l'alcool, de l'acide acétique et de l'acétone.

Dans le domaine de la Chimie physique, l'étude des relations existant

entre les constitutions chimiques et les propriétés physiques, s'est entremêlée sans cesse à ses travaux de Chimie pure. Des déterminations du pouvoir réfringent dans la série organométallique ont été suivies de très nombreuses études sur la syncristallisation des dérivés organométalliques et organiques, qui ont montré que cette propriété s'atténuait au fur et à mesure que s'atténuaient les analogies structurales ou la symétrie des molécules.

Le travail le plus étendu peut-être de l'œuvre de M. Pascal a été un essai de systématisation des propriétés magnétiques dans la série minérale et la série organique. Il a montré que, contrairement aux autres propriétés physiques, le diamagnétisme naturel se conservait dans les combinaisons simples et que les particularités de structure introduisaient des termes correctifs constants capables de faire du champ magnétique un véritable réactif des constitutions organiques et minérales, déjà utilisé par d'autres auteurs comme M. Grignard. Un complément à ces recherches est sur le point de paraître : il est destiné à montrer le jeu des valences supplémentaires dans les combinaisons halogénées.

Indépendamment de ces recherches de laboratoire, M. Pascal a publié, à l'occasion de son enseignement, d'importants ouvrages sur la Métallurgie, sur les catalyses industrielles, sur la fabrication des explosifs et des gaz de combat.

L'attribution à M. **Pascal** du prix La Caze sera la juste récompense de l'activité exceptionnelle dont il a fait preuve et de la haute valeur scientifique de ses découvertes.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION CAHOURS.

(Commissaires : MM. Schlœsing, Le Chatelier, Moureu, Lindet, Béhal, Bertrand, Desgrez, Matignon; Urbain, rapporteur.)

Mme **N. Demassieux** a étudié successivement les équilibres qui se produisent entre le chlorure de plomb, d'une part, les chlorures d'ammonium, de potassium, de sodium, d'autre part. Elle a étudié de même les équilibres de l'iodure de plomb et des iodures de potassium et de sodium. D'autres recherches du même auteur ont porté sur les réactions de l'acide oxalique avec les sels de plomb, sur le chlorocarbonate de plomb, et sur les forces

électromotrices de dépôt des sels complexes de platine, de cuivre et de mercure.

La Commission des prix de chimie propose à l'Académie d'attribuer à l'auteur de cet ensemble de travaux les arrérages de la Fondation Cahours.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX HOUZEAU.

(Commissaires : MM. Schlœsing, Moureu, Lindet, Béhal, Urbain, Bertrand, Desgrez, Matignon; Le Chatelier, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Albert Portevin**, ingénieur des Arts et Manufactures, professeur à l'École de fonderie et chef des travaux métallurgiques à l'École centrale pour ses nombreux travaux sur les propriétés des métaux et des alliages. Il s'est particulièrement occupé de la trempe des aciers et a précisé les lois de ce phénomène. Il a défini la vitesse critique de trempe et montré comment la rapidité du refroidissement intervenait pour provoquer dans le métal des modifications physico-chimiques, structurales et banales.

Au cours de ces recherches, il a étudié les conditions de coalescence de la cémentite et montré comment cette coalescence, provoquée antérieurement à la trempe, modifiait les propriétés finales du métal. Comme conséquence de ces études, il a réussi à dresser les courbes caractéristiques du traitement thermique des différents aciers.

Dans une étude sur les fontes, il a déterminé la structure des fontes dites aciérées ou plus exactement perlitiques. La supériorité de ces fontes tient à la diminution du nombre et de la grandeur des inclusions de graphite, dont la présence crée des points faibles et facilite ainsi la rupture au choc.

M. Portevin a fait une étude particulièrement importante des tensions qui se développent dans l'acier pendant la trempe et il a montré comment ces tensions sont la cause principale des tapures qui prennent naissance au cours de cette opération de durcissement.

En raison des services ainsi rendus à la Science métallurgique, la Commission propose de décerner à M. **Portevin** le prix Houzeau.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

MINÉRALOGIE ET GÉOLOGIE.

PRIX VICTOR RAULIN.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, Barrois, Douvillé, Termier, L. de Launay, Depéret, Joubin, Cayeux; Wallerant, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer le prix à M. **Jean Orcel**, assistant au Muséum, pour son travail sur les chlorites. Après avoir précisé la composition chimique de plusieurs types caractéristiques et pour ce faire perfectionné les méthodes d'analyse, qui ne comportaient pas la pesée de l'alumine, M. Orcel a consacré un chapitre important de son travail à l'étude de l'eau dans les chlorites. Il a déterminé par deux méthodes les températures de départ et a constaté qu'il y avait deux températures fixes correspondant à deux hydrates. Il a ensuite proposé une classification de ces minéraux et montré qu'ils ne sont pas toujours secondaires comme on le croyait.

Ce travail a été exécuté avec une telle habileté, une telle précision dans les méthodes physique et chimique, qu'on peut le regarder comme un modèle du genre, digne de tous les éloges, et en particulier digne du prix Raulin que la Commission propose de lui attribuer.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX JAMES HALL.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, Barrois, Wallerant, Termier, L. de Launay, Depéret, Joubin, Cayeux; Douvillé, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Jean Piveteau**, docteur ès sciences, pour sa thèse intitulée : *Le Permien du sud de Madagascar et sa faune de Vertébrés quadrupèdes* (*Annales de Paléontologie*, t. XV, 1926, in-4°, 127 pages, 5 cartes et 5 coupes dans le texte, 21 figures dans le texte, 12 planches hors texte).

Cette Thèse est à la fois stratigraphique et paléontologique : l'auteur a pu préciser les caractères et l'extension d'une phase glaciaire à la base des dépôts permiens de Madagascar; il a distingué les différentes couches qui les constituent et il les a parallélisés avec la série africaine du Karoo. Il a décrit la faune de reptiles qui les caractérisent, un Amphibien rachitome, une série d'espèces se rattachant soit aux Lézards rhynchocéphales, soit aux Dinosauriens et quelques autres d'un type entièrement nouveau. Il a pu ainsi montrer l'hétérogénéité de la classe des Reptiles et il a proposé les principes d'un classement nouveau. Dans une étude de détail il a donné une théorie nouvelle des ceintures et du sternum, indiqué leurs homologies dans les différentes classes de Vertébrés quadrupèdes et montré l'importance des actions musculaires sur la morphogénie des pièces osseuses.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

BOTANIQUE.

PRIX DESMAZIÈRES.

(Commissaires : MM. Bouvier, A. Lacroix, Mangin, Lecomte, Dangeard, Flahault, Gabriel Bertrand, Molliard; Costantin, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer le prix Desmazières à M. **Léonidas Grigoraki** pour ses travaux sur les *Dermatophytes et quelques autres champignons parasites* qui comportent des recherches sur la cytologie et la morphologie de ces organismes inférieurs. Publié en 1925, ce mémoire intéressant a été complété par une *Contribution à l'étude des teignes et leurs parasites* (1928) et par d'autres notes.

M. Grigoraki renonce aux anciens genres (*Microsporum*, *Trichophyton*, *Achorion*, etc.) maintenant inadmissibles. Comme Matruchot et Dassonville, il rattache les Dermatophytes aux Gymnoascées (*Matruchotiella Currii*, *Eidamella spinosa*), mais il distingue les Atélogymnoascées qui sont des Gymnoascées imparfaites ayant perdu le pouvoir de produire des périthèces. Dans ce dernier groupe, il distingue les genres suivants : *Spirallia*

(à vrilles), *Closterosporia* (à fuseaux qui seuls persistent dans les cultures mères), *Closteroaleurosporia* (à fuseaux dégradés et chlamydospores inégales), *Chlamydoaleurosporia* (qui n'ont que des chlamydospores grosses et petites ou aleuries), *Aleurosporia* (qui n'ont que des aleuries).

A côté des deux groupes précédents, il distingue les *Arthrosporées* qui n'ont ni fuseaux, ni chlamydospores, ni aleuries. Les *Arthrosporia* sont polynucléées, les *Malassezia* et *Madurella* ont des arthrospores uninucléées.

M. **Grigoraki** caractérise, en outre, les *Aleurisma* voisins des *Sporotrichum* (à côté de l'*Aleurisma lugdunense*; il a décrit, en 1927, portant à trois les espèces d'*Aleurisma*). Il distingue enfin le *Dematium Gougeroti* (*Rhinocladium Gougeroti*) comme agent de Sporotrichose, mais à caractères différents des autres *Rhinocladium*.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX MONTAGNE.

(Commissaires : MM. Bouvier, A. Lacroix, Mangin, Costantin, Lecomte, Flahault, Gabriel Bertrand, Molliard ; Dangeard, rapporteur.)

Le groupe des Lichens, ces curieux organismes constitués par l'association d'une algue et d'un champignon continue d'être l'objet d'intéressants travaux : parmi ceux-ci, il nous faut signaler une importante étude de M. **Roger Werner**, préparateur de Botanique à la Faculté des sciences de Strasbourg, ayant pour titre : *Recherches biologiques et expérimentales sur les Ascomycètes des Lichens.*

Maintenant que la méthode des cultures pures est devenue d'un usage courant dans les laboratoires, il est naturel que l'on se préoccupe un peu partout de faire vivre séparément les deux associés en leur rendant à chacun une liberté à laquelle ils avaient renoncé depuis longtemps dans la nature.

La chose a été réalisée depuis longtemps déjà et à diverses reprises pour les gonidies et nous n'avons pas à rappeler ici les remarquables recherches de notre confrère Chodat et de son école.

La culture du second associé a présenté des difficultés plus grandes : pour avoir des renseignements un peu complets sur le développement du champignon isolé du Lichen, il faut se reporter au mémoire de Moeller qui date de 1887 et n'avait en vue que des Lichens crustacés.

M. R. G. Werner s'est proposé de combler cette lacune et il a fait porter

son travail sur de nombreux Lichens foliacés et fruticuleux dont il a cultivé le champignon ascomycète à l'état de pureté absolue.

Le développement a été obtenu à partir de la spore : la ramification active des tubes germinatifs produit chez toutes les espèces étudiées un mycélium floconneux à croissance centrifuge dont les éléments s'unissent par de nombreuses anastomoses; l'état adulte du thalle est, en général, atteint après un an ou dix-huit mois ; à cet état, on constate une différenciation des tissus en trois couches qui rappelle la structure du Lichen lui-même.

La multiplication a lieu par des conidies bien définies chez les *Cladonia* et les *Gyrophora*, alors que, dans les autres genres, elle se fait par des fragments d'hyphes aériennes ou par des stolons mycéliens ; les cultures, même les plus âgées, n'ont jamais présenté jusqu'ici ni spermogonies ni apothécies.

Huit belles planches, dont une en couleur, illustrent ce mémoire qui a paru digne à votre Section d'être récompensé par l'attribution du prix Montagne.

L'Académie accepte la proposition de la Commission.

PRIX DE LA FONS MÉLICOCQ.

(Commissaires : MM. Bouvier, A. Lacroix, Mangin, Costantin, Lecomte, Dangeard, Flahault, Gabriel Bertrand, Molliard.)

Le prix n'est pas décerné.

PRIX DE COINCY.

(Commissaires : MM. Bouvier, A. Lacroix, Mangin, Costantin, Dangeard, Flahault, Gabriel Bertrand, Molliard ; Lecomte, rapporteur.)

La Commission propose de décerner :

Le prix à Mlle **Gabrielle Bonne**, docteur ès sciences ;
Une mention honorable à feu **Eugène Perrier de la Bathie.**

Mlle **Gabrielle Bonne** vient de publier un volumineux mémoire intitulé : *Recherches sur le pédicelle et la fleur des Rosacées*.

Pour ce qui concerne spécialement le pédicelle, Mlle Bonne montre que sa structure est différente de celle de l'axe de l'inflorescence, ce qui était déjà

connu pour d'autres familles. Elle consacre d'ailleurs à la structure du pédicelle en général une partie notable et probablement exagérée de son travail, car les conclusions qu'elle est amenée à en tirer sont d'importance relativement faible.

En recherchant, après de nombreux devanciers, la nature de la coupe florale des Rosacées, Mlle G. Bonne conclut de façon générale qu'elle n'appartient pas au réceptacle, mais qu'elle résulte simplement de la concrescence des pièces du périanthe et des filets staminaux (exception faite cependant pour les Rosées).

Elle étudie ensuite l'origine des faisceaux reçus par le pistil, elle cherche à fixer la nature du disque floral et énonce, pour terminer, quelques considérations relatives aux légères modifications que ses recherches peuvent suggérer au sujet du groupement des genres attribués à la famille des Rosacées et en particulier aux Chrysobalanées.

Le travail de Mlle G. Bonne est illustré de nombreuses vignettes dans le texte avec 10 planches doubles de microphotographies relatives au pédicelle floral.

La Commission, estimant que Mlle **G. Bonne** a fourni un travail méritoire, propose de lui accorder le prix de Coincy pour 1928.

M. **Eugène Perrier de la Bathie**, décédé en 1916, était l'auteur d'un *Catalogue raisonné des plantes vasculaires de Savoie* dont la publication vient seulement d'être terminée dans les *Archives de l'Académie de Savoie*, par les soins de M. le Dr J. Offner.

Cet ouvrage, comprenant deux volumes in-8°, est le résultat d'une vie consacrée en partie à la Botanique rurale et la plupart des localités indiquées ont été vérifiées personnellement par l'auteur. Il constitue donc une contribution très intéressante à l'histoire naturelle d'une région de la France, et c'est pour cette raison que la Commission du prix de Botanique, tout en regrettant de ne pouvoir faire davantage, propose à l'Académie d'accorder à feu le Baron **Eugène Perrier de la Bathie**, une *mention* correspondant au prix de Coincy (1928).

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

ANATOMIE ET ZOOLOGIE.

PRIX CUVIER.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, Bouvier, A. Lacroix, Douvillé, Marchal, Mesnil, Gravier, Caullery; Joubin, rapporteur).

La Commission propose de décerner le prix à M. **Louis Boutan**, professeur à la Faculté des Sciences d'Alger, pour l'ensemble de son œuvre zoologique.

M. Louis Boutan s'est spécialisé depuis 1886 dans l'étude de l'anatomie comparée et de l'embryologie des Mollusques. Ses premiers travaux ont trait à l'organisation de la Fissurelle chez laquelle il découvre la torsion larvaire caractéristique des Gastéropodes, et montre que cet animal reproduit, dans le cours de son évolution, les caractères d'une série de mollusques archaïques. Ce travail orienta les recherches de M. Boutan vers l'étude de diverses formes aberrantes des Mollusques; il donna divers Mémoires sur l'Haliotide, sur le byssus des Lamellibranches, le système nerveux des Aspidobranches, la formation de la nacre, la régénération de la couche nacrée dans les coquilles trépanées.

M. Boutan étudia ensuite les parasites qui déterminent la formation des perles, notamment le Trématode qui cause l'apparition des perles dans les Moules; il prouva ainsi que l'origine de la perle fine est due à une sécrétion des cellules ectodermiques du manteau des Mollusques. Il démontra ensuite que les perles de culture, d'origine japonaise, sont des perles fines au même titre que les perles sauvages.

M. Boutan est arrivé à faire des photographies sous-marines fort belles et à prendre des vues instantanées à 50^{m} de profondeur. Au cours d'un séjour de 4 ans en Indo-Chine, il a étudié les Singes anthropoïdes, notamment les Gibbons, et publié d'intéressantes remarques sur leur psychologie. Il a fondé, à la Faculté des Sciences d'Alger, le *Bulletin des travaux du laboratoire de Castiglione*, qu'il dirige, et il a entrepris des recherches fort intéressantes sur un poisson, le Centrophore, dont l'huile et la peau donnent des matières importantes pour l'industrie.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX SAVIGNY.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Bouvier, A. Lacroix, Douvillé, Marchal, Joubin, Mesnil, Caullery ; Ch. Gravier, rapporteur.)

Depuis qu'il est professeur à la Faculté des Sciences d'Alger, **Jean-Louis Dantan** s'est occupé activement de l'étude de la faune planctonique de la baie, encore fort incomplètement connue. Ses diverses publications à ce sujet peuvent être ainsi très succinctement caractérisées :

I. *a.* Une étude approfondie de l'anatomie microscopique du *Tetraplatia volitans* Busch a permis à l'auteur d'élucider la question demeurée très obscure de la position systématique de ce type énigmatique. L'auteur a montré qu'il s'agit d'une méduse du groupe des Leptolides. Toute son organisation, sauf peut-être les organes sensoriels, le classe dans les Anthoméduses.

b. Les larves d'Actinies recueillies dans les pêches diurnes à la surface, et dont M. J.-L. Dantan a pu suivre le développement, se rapportent à divers types ; l'un d'eux a été trouvé dans les matériaux des pêches faites dans l'Atlantique par le prince de Monaco (larve VI de Ch. Gravier) ; chez un autre, l'apparition des cloisons 5 et 6 est conforme aux observations de Faurot sur le genre *Halcampa*.

c. Les coupes minces faites dans le polypier du Corail (*Corallium rubrum* Lam.) montrent toujours des zones de croissance. Divers indices tendent à faire croire qu'elles correspondent à des pousses annuelles. S'il en est ainsi, la croissance du Corail serait bien plus rapide qu'on ne l'a admis jusqu'ici.

II. M. J.-L. Dantan s'est intéressé particulièrement à la biologie de deux espèces d'Huîtres comestibles : *Ostrea edulis* L. et *Gryphæa angulata* Lam., surtout au point de vue de leur fécondité et du fonctionnement de la glande génitale. Des recherches très poussées relatives à la larve de l'*Ostrea edulis* L. ont fait ressortir, de façon plus précise qu'on ne l'avait fait jusqu'ici, sa ressemblance avec la trochophore typique.

III. D'autres travaux de M. J.-L. Dantan ont eu pour objet, en ce qui concerne les Poissons, la ponte, la description détaillée et le développement des premiers stades et des alevins de quelques espèces comestibles (Turbot, Sardine, Orphie, Lançon, etc.).

IV. Chez une Annélide Polychète, fréquente dans la baie d'Alger, le

Trypanosyllis zebra Clap., M. J.-L. Dantan a montré que les stolons sexués produisent à leur extrémité postérieure, après s'être détachés de la souche, de nouveaux segments dans lesquels se différencient des glandes sexuelles. Celles-ci sont à peine ébauchées que, dans le reste du corps, les éléments de même nature sont déjà plus ou moins complètement évacués. Il se produit donc plusieurs poussées sexuelles. Peut-être même ces formations donnent-elles naissance à des bourgeons secondaires.

V. De 1923 à 1927, M. J.-L. Dantan a pratiqué, dans la baie d'Alger, des pêches nocturnes à la lumière, faites et étudiées en collaboration avec M. Ch. Gravier. Un Mémoire, publié en 1928, dans les *Annales de l'Institut océanographique*, a fait connaître, pour les Annélides Polychètes, les résultats de ces recherches, relativement à la faune annélidienne de la baie d'Alger et à la biologie de certaines espèces de cette classe de Vers.

Les travaux de M. J.-L. Dantan sont exécutés suivant une technique très sûre, avec le souci très louable de la plus grande précision possible. Ses Mémoires sont présentés avec clarté et précision.

Aussi la Commission, à l'unanimité, vous propose-t-elle d'attribuer le prix Savigny à M. **J.-L. Dantan**.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX JEAN THORE.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, Bouvier, A. Lacroix, Douvillé, Joubin, Mesnil, Gravier, Caullery; Marchal, rapporteur.)

La Commission propose de décerner ce prix à M. **Étienne Hubault**, inspecteur des Eaux et Forêts, pour son travail intitulé : *Contribution à l'étude des Invertébrés torrenticoles*.

Cette étude, à la fois physiologique, systématique et biologique, comporte un ensemble de recherches étendu sur la faune des cours d'eau de montagnes. Les conditions de la vie qui se trouvent réalisées dans les torrents y sont analysées en détail et l'on y remarque en particulier une étude très poussée sur la distribution de l'oxygène dans les cours d'eau aux diverses époques de l'année, ainsi que sur l'influence de la concentration en oxygène sur la répartition et les caractères morphologiques des espèces. Les curieuses adaptations permettant aux animaux de subir les phénomènes mécaniques du courant font l'objet d'un intéressant chapitre dans lequel

l'auteur prend comme exemple type les larves de Diptères Blépharocéridés. Une importante partie du mémoire est enfin consacrée à l'étude des tropismes, du rythme nycthéméral et des mœurs des animaux torrenticoles.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

MÉDECINE ET CHIRURGIE.

PRIX MONTYON.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Branly, Charles Richet; Roux, Quénu, Leclainche, Widal, Bazy, Mesnil, Vincent, Calmette, rapporteurs.)

La Commission propose de décerner :

Un prix de 2500^{fr} à MM. **Maurice Chiray**, professeur agrégé à la Faculté de Médecine, et **Ion Pavel**, assistant à la Faculté de Médecine de Bucarest, pour leur ouvrage intitulé : *La vésicule biliaire;*

Un prix de 2500^{fr} à M. **Edmond Papin**, chirurgien de l'hôpital Saint-Joseph, pour son ouvrage intitulé : *Chirurgie du rein;*

Un prix de 2500^{fr} à M. **Gustave Worms**, médecin-major de 1re classe, professeur au Val-de-Grâce, pour son ouvrage intitulé : *Anatomie pathologique du thymus;*

Une mention honorable de 1500^{fr} à M. **Albert Berthelot**, chef de laboratoire de l'Institut Pasteur; à M. **Gaston Ramon**, directeur de l'Institut Pasteur de Garches, et à Mlle **Germaine Amoureux**, préparateur à l'Institut Pasteur, pour leurs recherches biochimiques sur les toxines et leurs dérivés;

Une mention honorable de 1500^{fr} à MM. **Charles Foix** et **Julien Marie**, pour leur ouvrage intitulé : *La sclérose cérébrale centro-lobaire à tendance symétrique, ses rapports avec l'encéphalite périaxale diffuse;*

Une mention honorable de 1500^{fr} à MM. **Édouard Schoull** et **Louis Weiller**, pour leur ouvrage intitulé : *De l'imprégnation créosotée dans le traitement des pneumococcies;*

Une citation à M. **Pierre Dombray**, préparateur d'histoire naturelle et de parasitologie à la Faculté de Médecine de Nancy, pour son ouvrage intitulé : *Diagnostic biologique de la gonococcie. Méthode de culture. Méthode de fixation de l'alexine. Méthode de précipitation;*

Une citation à M. **Charles Lombard**, chef des travaux à l'École nationale vétérinaire de Lyon, pour son ouvrage intitulé : *Sur les causes du cancer;*

Une citation à M. **Jean Nicolaïdi**, pour son ouvrage intitulé : *Bilan alimentaire minéral et minéralisation du sang chez les tuberculeux;*

Une citation à MM. **A. W. Turner** et **J. Davesne**, pour leurs recherches sur le rôle du *B. œdematiens*.

Rapport de M. Widal *sur l'ouvrage de MM.* **Maurice Chiray** *et* **Ion Pavel**.

MM. **Maurice Chiray**, professeur agrégé à la Faculté de Médecine, et **Ion Pavel**, assistant à la Faculté de Médecine de Bucarest, ont déposé un ouvrage intitulé : *La vésicule biliaire.*

La Commission propose de décerner l'un des prix Montyon à cet excellent travail.

Rapport de M. Baty *sur les travaux de M.* **Edmond Papin**.

Cet ouvrage, qui forme deux grands volumes et comporte un grand nombre de figures dessinées d'après nature, est un exposé très clair et très précis de l'état actuel de la chirurgie du rein. Il comprend, en outre, des recherches originales de l'auteur sur l'anatomie du rein et de ses enveloppes, sur ses anomalies, sur l'énervation du rein, reposant sur de nombreuses expériences sur les animaux et enfin il est longuement traité des opérations conservatrices du rein.

Rapport de M. Quénu *sur l'ouvrage de M.* **Gustave Worms**.

Le volumineux Mémoire présenté par M. **Worms**, professeur au Val-de-Grâce, a pour titre : *Anatomie pathologique du thymus.*

M. Worms a repris l'étude histologique normale du thymus qu'il considère non comme un organe lymphoïde, mais comme un organe épithélial

envahi ultérieurement par les vaisseaux sanguins qui apportent les leucocytes à son centre, lesquels sont les agents essentiels de la régression : les cellules dites corpuscules de Hassel ne sont que des amas de lymphocytes disposés concentriquement autour des cellules épithéliales dégénérées. M. Worms a étudié l'action sur le thymus des rayons X, de la parathyroïdectomie, et d'intoxications diverses. Toutes ces causes produisent une involution accidentelle par un mécanisme identique à celui de l'involution normale; le thymus est un organe extrêmement sensible qui réagit par une atrophie rapide à toute perturbation de l'état général. Suit une étude des tumeurs du thymus, des lésions du thymus dans lès maladies aiguës et chroniques, l'athrepsie, la syphilis, etc.

Toute cette étude représente un travail formidable, très personnel avec 198 figures ou aquarelles. L'histologie normale a été faite chez l'homme, chez le veau, le porc, le lapin, le cobaye, le chat, la souris, le mouton. La partie expérimentale renferme plus de 58 observations. Les pièces anatomopathologiques dépassent le chiffre de 60; elles ont été recueillies au Val-de-Grâce, dans quelques hôpitaux de Paris et de province, et adressées par des amis à M. Worms. Le travail très personnel de M. **Worms** représente un effort considérable et le rend digne à mon avis d'un prix Montyon.

Rapport de M. Roux *sur les travaux de MM.* **Albert Berthelot**, **Gaston Ramon** et *Mlle* **Amoureux**.

MM. **Albert Berthelot**, **G. Ramon** et Mlle **Amoureux** ont présenté au Concours du prix Montyon un mémoire intitulé : *Recherches biochimiques sur les toxines et leurs dérivés* et plusieurs notes se rapportant au même sujet.

La Commission propose d'attribuer aux auteurs une des mentions du prix Montyon.

Rapport de M. Vincent *sur les travaux de MM.* **Charles Foix** *et* **Julien Marie**.

Caractérisée anatomiquement par une leuco-encéphalite scléreuse en général symétrique, avec intégrité du cortex et cliniquement par une symptomatologie complexe, dans laquelle prédominent la paraplégie ou la quadriplégie spasmodique, l'amaurose, parfois la déchéance cérébrale, la sclérose cérébrale centrolobaire qui fait l'objet du mémoire envoyé par

MM. **Ch. Foix** et **Julien Marie**, a été signalée pour la première fois par Schilder en 1912.

Les auteurs font de celle-ci une étude clinique et anatomique fondée sur de nouveaux cas. De belles planches illustrent ce travail paru en 1927 dans le journal *L'Encéphale*.

Excellent mémoire qui complète ou confirme les recherches qui l'ont précédé, et parmi lesquelles il est équitable de citer celles de **Pierre Marie** et **Ch. Foix**, publiées peu après celles de Schilder.

Rapport de M. Calmette *sur les travaux de MM.* **Édouard Schoull** *et* **Louis Weiller**.

Le travail présenté par MM. **Edouard Schoull** et **Louis Weiller** en vue de l'obtention du prix Montyon (médecine) et qui a pour titre : *De l'imprégnation créosotée dans le traitement des Pneumococcies*, offre un certain intérêt pour la pratique médicale, mais son importance n'est pas telle qu'elle puisse justifier l'attribution d'un prix.

Votre rapporteur propose qu'une mention honorable de 1500^{fr} soit attribuée aux auteurs.

Rapport de M. Vincent *sur les travaux de M.* **Pierre Dombray**.

P. Dombray, *Diagnostic bactériologique de la Gonococcie*. Étude des trois méthodes de diagnostic :

1° Ensemencement des sécrétions pathologiques;

2° Réactions de fixation de l'alexine;

3° Recherche des anticorps gonococciques par la réaction de précipitation.

C'est la deuxième méthode qui donne les résultats les plus constants.

Excellent travail bien conçu, très étudié, mais sans conclusions nouvelles.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX BARBIER.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Roux, Branly, Richet, Quénu, Widal, Mesnil, Vincent, Calmette; Bazy, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à MM. **Joseph Belot**, médecin électroradiologiste de l'hôpital Saint-Louis, et **François Lepennetier**,

médecin électroradiologiste adjoint à l'hôpital Saint-Louis, pour leur ouvrage intitulé : *Anatomie radiographique du squelette normal.*

MM. **Joseph Belot** et **François Lepennetier** ont envoyé un atlas radiographique du squelette normal.

Le soin apporté par les auteurs à établir cette étude, la perfection des détails, la précaution qu'ils ont prise de mettre en regard des figures radiographiques les dessins des os, tous ces détails ainsi que la nouveauté de l'ouvrage nous ont décidé à attribuer le prix Barbier à ces deux radiologues.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX BRÉANT.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, Branly, Richet, Quénu, Widal, Bazy, Mesnil, Vincent; Roux, Calmette, rapporteurs.)

La Commission propose de décerner :

Un prix de 3000^{fr} à M. **Georges Blanc**, directeur de l'Institut Pasteur d'Athènes, pour ses recherches expérimentales sur l'herpès;

Un prix de 2000^{fr} à M. **Édouard Rist**, médecin de l'hôpital Laënnec, pour son ouvrage intitulé : *La Tuberculose.*

Rapport de M. Roux *sur les travaux de M.* **Georges Blanc.**

M. le Dr **Blanc**, directeur de l'Institut Pasteur d'Athènes, a envoyé au concours du prix Bréant plusieurs Notes sur le virus de l'herpès. Le grand mérite de M. Blanc est d'avoir montré que le virus de l'herpès, inoculé dans le cerveau des lapins, détermine une maladie identique à celle que cause le virus de l'encéphalite léthargique de l'homme. Le virus herpétique provenant du cerveau et reporté sur la cornée provoque une éruption caractéristique. De plus, M. Blanc a fait voir que les lapins inoculés d'herpès sur la cornée et guéris sont immunisés contre le virus de l'encéphalite.

Cette étude expérimentale montre que le virus herpétique et celui de l'encéphalite épidémique sont de même nature.

La Commission propose d'attribuer à M. le Dr **Blanc** 3000^{fr} sur les arrérages du prix Bréant avec le titre de lauréat.

Rapport de M. Calmette *sur les travaux de M.* **Édouard Rist.**

L'ouvrage présenté par le Dr **Édouard Rist**, médecin de l'hôpital Laënnec, et qui a pour titre *La Tuberculose*, a pour but de vulgariser les notions scientifiques récemment acquises sur l'étiologie et la prophylaxie de cette maladie. C'est un excellent livre qui répond pleinement aux conditions imposées pour l'obtention d'un de nos prix Bréant.

Votre rapporteur propose qu'un prix Béant soit attribué à M. **Édouard Rist**.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX GODARD.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, Roux, Branly, Richet, Quénu, Widal, Mesnil, Vincent, Calmette; Bazy, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Paul Bordas**, interne des hôpitaux, pour son étude sur les capsules du rein et les tissus périrénaux.

Après avoir fait un historique serré de la question et indiqué comment les auteurs qui l'ont précédé concevaient des capsules du rein, l'auteur nous indique quels ont été les résultats des nombreuses dissections qu'il a faites et qui apportent une légère variante aux conceptions de ses prédécesseurs. Travail consciencieux suivi de déductions pathologiques et thérapeutiques.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX MÈGE.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, Roux, Branly, Richet, Quénu, Widal, Bazy, Mesnil, Vincent, Calmette.)

Le prix n'est pas décerné.

PRIX BELLION.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, Roux, Branly, Richet, Quénu, Bazy, Mesnil, Vincent, Calmette; Widal, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à MM. **Noël Fiessinger**, professeur agrégé de la Faculté de Médecine, et **Henry Walter**, ancien

interne des hôpitaux de Paris, pour leur Ouvrage intitulé : *L'exploration fonctionnelle du foie et l'insuffisance hépatique.*

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX LARREY.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Roux, Branly, Richet, Quénu, Widal, Bazy, Mesnil, Calmette; Vincent, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à MM. **Antony Rodiet**, médecin en chef des Asiles publics d'aliénés de la Seine, et **Fribourg-Blanc**, médecin chef du centre psychiatrique du Val-de-Grâce, pour leur Ouvrage intitulé : *La folie et la guerre de* 1914-1918.

Ces auteurs ont classé et analysé les nombreuses observations de troubles mentaux recueillies au Val-de-Grâce pendant la guerre; le nombre de ces dernières est de 25000. Sur ce chiffre, MM. **A. Rodiet** et **Fribourg-Blanc** en ont retenu spécialement 264 offrant les caractères types de toutes les formes connues, en s'efforçant de faire ressortir les relations qu'elles avaient avec l'état de guerre. Celui-ci suscite les conditions les plus favorables à l'éclosion des psychopathies, mais il n'en crée pas de manifestations cliniques nouvelles.

La prédisposition héréditaire, la dégénérescence ou la débilité mentales interviennnent comme conditions favorisantes presque univoques.

L'œuvre des auteurs ci-dessus est importante. Elle présente une documentation fort riche, heureusement utilisée, et me paraît mériter la récompense sollicitée.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PHYSIOLOGIE.

PRIX MONTYON.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, Roux, Mangin, Richet, Quénu, Widal; Mesnil, rapporteur.)

M. **Maurice Rose**, dont les travaux ont principalement porté sur le plancton, soumet au jugement de l'Académie tout ce qui, dans cette œuvre, concerne les tropismes. Deux mémoires ont retenu notre attention.

Dans le premier, utilisant seulement des matériaux triés, M. Rose distingue d'abord les animaux non phototropiques (Méduses, Sagitta, Cydippes) et montre que s'ils ne possèdent pas de sensibilité différentielle lumineuse, ils ont une sensibilité différentielle thermique très nette et une sensibilité vis-à-vis des variations de la salure. Chez ces animaux non phototropiques, la lumière active les mouvements natatoires, mais ne les oriente pas.

Les animaux phototropiques (Crustacés, etc.) sont les plus nombreux. La lumière les oriente, mais son action directrice peut être modifiée ou renversée par celle de la température. Celle-ci, au-dessus de 20°, provoque l'enfoncement du plancton.

Des facteurs accessoires, comme le degré de salinité, la composition chimique du milieu, les gaz dissous ont une action parfois aussi forte que celle de la température. Ainsi des traces de permanganate ou l'augmentation de CO^2 modifient parfois complètement le phototropisme.

Une explication de la migration verticale du plancton est tentée. Pour l'auteur, les théories déjà proposées sont trop simplistes; c'est en empruntant aux unes et aux autres certaines explications et en envisageant séparément les diverses formes du plancton que M. Rose arrive à expliquer leur migration verticale, et il admet encore des faits de mémoire créant des rythmes.

Le deuxième mémoire est l'étude des matériaux planctoniques du musée de Monaco et d'abord l'utilisation des mesures de température prises pendant 7 années (1907 à 1914). M. Rose a construit les courbes des tempé-

ratures aux divers niveaux et montré la grande variation des courbes de la température superficielle que modifient les courants ascensionnels froids. Il y a une circulation verticale par mouvements tourbillonnaires, mais les faits sont complexes, et, pour les comprendre, il faut concevoir la mer comme une mosaïque d'eaux singulières, de « flocons », liquides froids intercalés dans des zones chaudes et s'y maintenant grâce à l'inertie et à la viscosité des eaux voisines.

Les eaux de profondeur (au delà de 200^m) restent comme on sait à 13°. Ils représentent une source froide. La Méditerranée serait « une machine thermodynamique intermittente travaillant uniquement dans la saison chaude ».

M. Rose étudie ensuite les courbes de la salinité et montre que les deux facteurs salinité et température sont indépendants l'un de l'autre. Le facteur essentiel et pratiquement unique de la circulation marine estivale n'est autre que la température.

Enfin, l'auteur envisage les variations du plancton aux diverses époques. Pour les eaux de surface, deux cycles plus ou moins distincts. Le premier, comprenant l'hiver et le début du printemps, est caractérisé par l'abondance des Diatomées et aussi des Péridiniens. Le deuxième cycle, ou cycle d'été, est caractérisé par l'absence de Diatomées et l'abondance des Copépodes et Cladocères. On rencontre des Salpes en avril et mai, des Ptéropodes pendant les mois chauds.

En profondeur, les cycles sont moins nets. Jusqu'à 70^m, le plancton végétal se rencontre; plus profondément, il est absent et des groupes particuliers de Crustacés, Radiolaires, Poissons font leur apparition.

Nous devons encore signaler une Note relative à l'action du pH extérieur sur le phototropisme des Copépodes pélagiques marins.

Tout cet ensemble a paru à votre Commission digne du prix Montyon de Physiologie.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX LA CAZE.

(Commissaires : MM. Roux, Mangin, Charles Richet, Quénu, Widal, Mesnil; A. d'Arsonval, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Louis Lapicque**, professeur à la Faculté des sciences.

L'œuvre de M. **Lapicque** est remarquable par son ampleur, sa variété et son originalité.

Depuis plus de 40 ans ce savant s'est entièrement consacré à la recherche scientifique dans le domaine de la Biologie générale, soit comme naturaliste, soit comme physiologiste.

La Physiologie générale est la Chimie et la Physique de la vie suivant le programme de Claude Bernard.

Lapicque est resté fidèle à ce programme et c'est pourquoi il a succédé au maître, d'abord au Muséum, et, plus tard, à la Sorbonne dans les deux chaires de Physiologie générale créées pour Claude Bernard. Son successeur actuel en a brillamment maintenu le rayonnement à travers le monde, comme le firent ses deux prédécesseurs : Paul Bert et Dastre, qui furent ses maîtres.

Comme naturaliste Lapicque a manifesté une curiosité féconde en divers domaines de l'histoire naturelle. Pour ses études anthropologiques il a fait à plusieurs reprises le tour de l'Océan Indien, de l'Abyssinie à la Malaisie, et a reçu comme explorateur la médaille d'or de la Société de Géographie. Je me bornerai à signaler brièvement dans ce domaine :

1° Ses études sur les *Négritos* qui ont élucidé complètement cette question fort controversée, notamment par son *indice radio-pelvien* devenu la caractéristique de la race nègre;

2° Ses travaux sur la relation du cerveau au poids du corps;

3° Ses recherches sur l'influence de la température extérieure sur les besoins alimentaires des êtres vivants, besoins qui sont conditionnés par la taille de l'animal;

4° Sur la signification du calibre varié des fibres nerveuses : les grosses pour les actions rapides, les petites pour les actions lentes;

5° L'étude sur les Algues marines qui a fait progresser le problème de la nutrition cellulaire en général, en montrant l'action propre du protoplasma et le rôle joué par l'état colloïdal.

Mais l'œuvre capitale de Lapicque est le chapitre original de la Physiologie qu'il a inauguré en créant la notion de *chronaxie* (*axia*, valeur; *chronou*, du temps).

Je ne saurais, dans ce court rapport, exposer en détail les fondements et les conséquences multiples de cette notion nouvelle, si féconde en applications physiologiques et cliniques.

Je l'ai fait à plusieurs reprises antérieurement devant l'Académie. Je me contenterai d'en donner en raccourci l'idée maîtresse :

Le temps n'a pas la même valeur pour les différentes matières vivantes qui constituent les tissus divers des animaux et des végétaux. Lapicque a découvert ce principe nouveau quand, étudiant l'*excitabilité*, il est passé de l'homme et des animaux traditionnels de la physiologie aux Mollusques et aux Crustacés marins. Il a vu que cette valeur du temps : la *chronaxie*, varie suivant la nature de la cellule interrogée d'une fraction de millième de seconde à plusieurs secondes.

Il a vu, en second lieu, que pour qu'une cellule puisse agir sur une autre cellule et lui transmettre son excitation, il faut que ces deux cellules aient même chronaxie; que pour elles le temps ait même valeur.

L'*accord des chronaxies* est du même ordre en physiologie que la syntonie et la résonance en T. S. F.

Toute cause qui modifie l'accord des chronaxies, entre un muscle et son nerf moteur par exemple, entraîne une paralysie partielle ou totale suivant son degré.

L'*isochronisme des chronaxies* est donc nécessaire pour qu'un nerf moteur agisse sur le muscle qu'il commande.

Lapicque en a donné la démonstration expérimentale péremptoire en analysant le phénomène de la *curarisation*, si bien étudiée par Claude Bernard dans des expériences célèbres.

On sait que, sous l'action du curare, l'animal est paralysé et pourtant nerf et muscle sont séparément excitables, mais l'excitation ne passe plus de l'un à l'autre parce que, comme l'a montré M. Lapicque, il y a alors désaccord entre les chronaxies respectives du nerf et du muscle.

Ce désaccord a les mêmes conséquences dans quelque sens qu'il se produise par l'action de poisons divers, chimiques ou organiques.

Lapicque le démontre par une expérience cruciale. La vératrine *diminue* la chronaxie du muscle, et, employée seule, produit la curarisation. La strychnine *diminue* la chronaxie du nerf et, employée seule, produit également la curarisation (*décrochage* de Claude Bernard).

Faisons d'abord agir la vératrine, il y a curarisation; faisons alors intervenir une dose convenable de strychnine, la curarisation disparaît parce que l'isochronisme des chronaxies est rétabli entre le nerf et le muscle. Ainsi deux poisons également curarisants, l'un en agissant sur le muscle et l'autre sur le nerf, se neutralisent en égalisant leurs chronaxies, de même qu'en optique en ajoutant de la lumière à de la lumière on peut produire l'obscurité par interférence.

Le cas du nerf et du muscle doit s'étendre à toutes les cellules et particulièrement aux éléments du système nerveux ou *neurones*.

Les histologistes depuis Ramon y Cajal ont montré que les éléments nerveux sont *juxtaposés*. Les neurones agissent les uns sur les autres par *contiguïté*, c'est-à-dire par *induction*, et non par *continuité* de substance.

M. **Lapicque** a montré que cet *aiguillage sélectif* entre les voies multiples se fait par l'accord ou le désaccord entre les chronaxies des divers neurones.

Les conséquences de cette nouvelle théorie du fonctionnement du système nerveux reposant sur une mesure précise (la chronaxie), ouvre de vastes horizons à la physiologie, à la pathologie nerveuse et même à la psychologie. Grâce à la chronaxie on peut dépister une lésion à ses débuts, en suivre les progrès ou la régression avec une sûreté et une précision incomparables. C'est une science nouvelle, car il n'y a science que là où il y a mesure.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX POURAT.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, Roux, Mangin, Richet, Quénu, Widal; Mesnil, rapporteur.)

M. **Robert Courrier**, professeur agrégé à la Faculté de médecine d'Alger, déjà estimé par de bons travaux d'histo-physiologie, en particulier sur « le cycle sexuel de la femelle des Mammifères; étude de la phase folliculaire », présente au jugement de l'Académie un mémoire ayant pour titre : *Étude sur le déterminisme des caractères sexuels secondaires de quelques Mammifères à activité testiculaire périodique*. Il apporte des documents particulièrement probants en faveur du rôle des cellules interstitielles dans le déterminisme des caractères sexuels secondaires.

L'auteur montre d'abord, par des expériences de castration, que, chez les Chéiroptères comme chez le hérisson, les glandes annexes, considérées comme caractères sexuels secondaires, subissent des variations considérables, sûrement conditionnées par le testicule.

Chez le hérisson, la marmotte et, parmi les chauves-souris, le méniopère, tube séminifère et interstitiel ont des évolutions parallèles et il en est de même des glandes annexes. Mais, chez les pipistrelles, une dissociation survient au cours de la mise au repos. Le tube séminifère arrive au repos complet (il prend de ce chef un aspect embryonnaire), alors que glande interstitielle et glandes annexes conservent leur activité. L'hibernation amplifie cette dissociation qui se montre nettement en faveur de l'interstitielle dans le déterminisme des caractères sexuels.

Si l'on joint cette très intéressante constatation au fait que l'irradiation du testicule détruit la lignée spermatogénétique, sans ralentissement sur les caractères sexuels, on a le droit de conclure au rôle principal joué par la glande interstitielle dans le déterminisme des caractères sexuels secondaires.

Votre Commission vous propose de décerner le prix Pourat à M. **Robert Courrier.**

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX MARTIN-DAMOURETTE.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, Roux, Mangin, Richet, Quénu, Widal; Mesnil, rapporteur.)

Votre Commission vous propose d'attribuer ce prix à M. **Eugène Jamot,** médecin-major de première classe des troupes coloniales, chef du Service de la Trypanosomiase humaine au Cameroun. Depuis une dizaine d'années qu'il s'occupe de la question, si angoissante pour l'avenir de notre Afrique équatoriale, de la maladie du sommeil, M. Jamot a fait faire de notables progrès à la question du traitement et de la prophylaxie médicamenteuse, basées sur une étude approfondie de la physiologie pathologique dans cette maladie.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX PHILIPEAUX.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, Roux, Mangin, Richet, Quénu, Widal; Mesnil, rapporteur.)

Votre Commission a retenu pour ce prix le travail de M. **François Granel,** chef de laboratoire à la Faculté de médecine de Montpellier, sur la pseudobranchie des Poissons.

L'auteur montre que, dès le début du développement, elle perd ses rapports avec le tronc vasculaire central, ne reçoit plus que du sang artériel et cesse alors d'être un organe respiratoire. Chez les Sélaciens, il y a régression des lamelles et hypertrophie très marquée des lames due à la présence d'un vaste corps vasculaire caverneux, point d'abouchement du vaisseau afférent; ce corps caverneux est un lieu d'hématopoïèse et d'hématolyse en même temps qu'un réservoir régulateur de la circulation artérielle céphа-

lique. La pseudobranchie des Ganoïdes a aussi un rôle de régulateur vasculaire. Celle d'*Amia* fait le passage au cas des Téléostéens, où les lamelles présentent de grandes cellules ayant tous les caractères cytologiques glandulaires endocrines.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

STATISTIQUE.

PRIX MONTYON.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Appell, Lecornu, Lecomte, Borel, d'Ocagne; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Georges Darmois**, professeur à la Faculté des sciences de Nancy, pour son ouvrage intitulé : *Statistique mathématique*.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

HISTOIRE ET PHILOSOPHIE DES SCIENCES.

PRIX BINOUX.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Appell, Bouvier, Bigourdan, L. de Launay, Richet; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **André Metz**, ancien élève de l'École polytechnique, pour son ouvrage intitulé : *Une nouvelle philosophie des sciences : Le causalisme de M. Émile Meyerson*.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

OUVRAGES DE SCIENCES.

PRIX HENRI DE PARVILLE.

(Commissaires : MM. Émile Picard, Appell, Hamy, Mangin, Moureu, Janet; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer le prix de 2500^{fr} à MM. **Alfred Chapuis** et **Édouard Gélis**, pour leur ouvrage le *Monde des automates, Étude historique et technique*. Ces deux intéressants volumes in-4°, richement illustrés, ont demandé aux auteurs des recherches très étendues dont ils ont présenté les résultats d'une façon attrayante et instructive à tous points de vue. Ils font suite à deux ouvrages non moins intéressants de M. Chapuis : *La montre chinoise* et *La pendulerie neufchateloise*.

La Commission demande en outre à l'Académie de donner une marque d'estime, sous forme d'un prix de mille francs, à chacun des ouvrages suivants :

1° *Science et travail. Grande encyclopédie illustrée des nouvelles inventions*, publiée sous la direction de M. **J.-L. Breton**, membre de l'Académie, par de nombreux auteurs, M. **Raoul Mortier** étant secrétaire général. Dans ces trois beaux volumes ayant pour objet de montrer ce que l'industrie moderne doit à la science, les auteurs passent en revue avec beaucoup de compétence les principales techniques : l'ouvrage est fort bien illustré.

2° *Microbiologia agraria e tecnica*, par M. **Gino de Rossi**, professeur de microbiologie agricole à l'Institut supérieur agronomique de Perugia. C'est un livre fortement documenté, accompagné d'une riche bibliographie qui rendra service aux étudiants, aux agriculteurs et aux industriels auxquels il s'adresse.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

MÉDAILLES.

MEDAILLE BERTHELOT.

La médaille est décernée à :

Mme **Mélanie Rosenblatt**, lauréat du prix Montyon des arts insalubres;
M. **Victor Auger**, lauréat du prix Jecker;
M. **Albert Portevin**, lauréat du prix Houzeau.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX GÉNÉRAUX.

PRIX FONDÉ PAR L'ÉTAT.

GRAND PRIX DES SCIENCES MATHÉMATIQUES.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Appell, Painlevé, Lecornu, Hadamard, Goursat; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Georges Giraud**, professeur à la Faculté des sciences de Clermont, pour ses travaux sur les équations aux dérivées partielles.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX BORDIN.

(Commissaires : MM. Roux, Bouvier, Schlœsing, Douvillé, Le Chatelier, Joubin; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Louis Fage**, sous-directeur du Laboratoire de Zoologie au Muséum national d'Histoire naturelle, pour son œuvre zoologique.

Attaché de 1906 à 1920 au Laboratoire de Banyuls (Service des Pêches), M. L. Fage s'est spécialement occupé de la taxonomie, de la faunistique (Baléares, Maroc, Sicile), de la biologie (ponte, stades larvaires et post-larvaires, croissance, âge, races, distribution géographique, migrations) des Poissons côtiers ou pélagiques au point de vue zoologique et économique.

Outre sa Thèse de doctorat (1906) sur les organes segmentaires des Polychètes, M. L. Fage a publié seul, ou en collaboration avec M. R. Legendre, plusieurs Notes sur le commensalisme et le comportement sexuel de ces Vers annelés. Un Mémoire étendu (1927) sur les pêches planctoniques à la lumière effectuées à Banyuls et à Concarneau a fait connaître, grâce à une technique nouvelle, les rythmes singuliers suivant lesquels ces animaux deviennent pélagiques au moment de la maturité sexuelle.

Indépendamment de travaux de pure systématique et de faunistique, il s'est attaché à l'étude des Arachnides cavernicoles. Il a établi la monographie complète de chacune des trois familles les plus richement représentées dans le domaine souterrain.

Ce zoologiste a étudié aussi la distribution géographique des Langoustes et leurs stades post-larvaires, les Copépodes parasites, les Crustacés de nos côtes, les Amphipodes de la « Faune de France » (en collaboration avec M. E. Chevreux), les Cumacés, etc.

Les travaux de M. **L. Fage**, actuellement sous-directeur du Laboratoire de Zoologie (Vers et Crustacés) du Muséum, se distinguent par la sûreté de la documentation, la clarté, la précision, la portée des résultats obtenus.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX LALLEMAND.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Bouvier, Marchal, Richet, Joubin, Mesnil; Ch. Gravier, rapporteur.)

Plusieurs Mémoires de Mlle **Fernande Coupin**, assistant au Muséum, ont notablement enrichi nos connaissances relatives au développement du cerveau des Singes en général, de celui des Anthropoïdes en particulier. Ils se rapportent au cerveau d'un fœtus de Semnopithèque, à celui d'un Chimpanzé nouveau-né, à ceux de deux jeunes Gorilles, l'un de 2 ans, l'autre de 3 ans. La comparaison minutieuse des cerveaux de Gorilles et de celui de l'Homme a conduit l'auteur à des conclusions fort intéressantes. Ainsi, au cours de l'enfance, le cerveau du Gorille ne subit pas de modifications de forme de quelque importance. Par rapport à un cerveau humain de même volume, le cerveau du jeune Gorille présente des sillons moins nombreux, plus rectilignes et moins fragmentés.

Ces études particulières ont amené l'auteur à des considérations générales concernant l'indice de valeur cérébrale qui, chez les Anthropoïdes, est d'autant plus élevé que le coefficient de céphalisation est plus faible, et surtout la question d'ordre plus élevé de l'origine des Primates.

Aussi, la Commission vous propose-t-elle d'attribuer le prix Lallemand à Mlle **F. Coupin**.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX VAILLANT.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Hamy, Villard, Branly, Émile Borel, Kœnigs; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Maurice Fréchet**, professeur à la Faculté des sciences de Strasbourg, pour ses travaux sur les ensembles abstraits.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX ESTRADE-DELCROS.

(Commissaires : MM. Roux, A. Lacroix, Douvillé, Termier, Mesnil; H. Le Chatelier, rapporteur.)

M. **Pierre Jolibois**, professeur à l'École des Mines, a débuté dans la recherche scientifique par une thèse de doctorat sur les variétés allotropiques du phosphore. Il a défini pour la première fois la nature exacte de ces variétés et précisé l'intervalle de température dans lequel chacune d'elles est stable. Ce travail a été très remarqué et ses principaux résultats ont été immédiatement introduits dans l'enseignement.

Au cours de cette première série de recherches, il a été amené à étudier différentes combinaisons du phosphore et de l'arsenic avec les métaux usuels.

Passant ensuite à un sujet d'études tout différent, il s'est attaqué aux composés organo-magnésiens de Grignard et a réussi à en établir la constitution sur des bases plus rationnelles qu'on ne l'avait fait auparavant.

Pendant la guerre, il a dirigé ses recherches vers les explosifs, dont il avait à surveiller la fabrication. A la poudrerie de Bassens, il a étudié avec M. Sanfourche la constitution des vapeurs nitreuses. Il a donné des méthodes nouvelles de dosage des composés entraînés par les eaux résiduaires dans la fabrication de la mélinite et a ainsi facilité leur récupération.

Depuis sa nomination à la chaire de Chimie de l'École des Mines, il a groupé autour de lui de jeunes collaborateurs, avec lesquels il a d'abord étudié la formation des colloïdes par une précipitation quasi instantanée. Grâce à une méthode expérimentale très élégante, il a réussi à obtenir des produits parfaitement homogènes, dans lesquels on peut facilement caractériser certaines combinaisons définies; il a ainsi obtenu un nouveau phosphate de chaux.

Depuis deux ans, ses recherches sont orientées vers l'étude de la dissociation de gaz par l'étincelle électrique agissant sous des pressions très réduites. Il est arrivé dans ce domaine à des résultats nouveaux et très importants, qui ont nécessité la mise en œuvre d'une technique particulièrement délicate.

Indépendamment de ces recherches de longue haleine, il a poursuivi des études de détail sur la dissociation du carbonate de chaux, sur l'hydratation du plâtre, sur l'entraînement des corps radioactifs par les colloïdes, etc.

M. **Jolibois** n'est pas seulement un bon chimiste, c'est encore un animateur. Il a réussi à stimuler et à intéresser à la recherche de jeunes savants. Il a toutes les qualités voulues pour devenir un maître de la Science, travaillant personnellement et faisant travailler autour de lui.

La Commission propose de lui attribuer le prix Estrade-Delcros en récompense de ses travaux passés et comme encouragement à persévérer dans une voie où il a si bien débuté.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX HOULLEVIGUE.

(Commissaires : MM. Roux, Bouvier, A. Lacroix, Joubin; Termier et Lecomte, rapporteurs.)

La Commission propose de partager le prix entre :

M. **Paul Danguy**, sous-directeur du laboratoire de botanique au Muséum;

Mme **Yvonne Gubler-Wahl**, docteur ès sciences, pour son mémoire sur la géologie de l'Ubaye.

Rapport de M. Lecomte *sur les travaux de M.* **Paul Danguy.**

Attaché depuis plus de 40 ans, en qualité d'assistant, puis de sous-directeur, à l'une des chaires de Botanique du Muséum national d'histoire naturelle, M. **Paul Danguy** a principalement consacré ses efforts à l'étude de la flore de l'Asie centrale (Sibérie) et de l'île de Madagascar; il a publié sur les plantes rapportées de ces deux régions des notes nombreuses et spécialement appréciées. Il est, en outre, le botaniste le plus qualifié en ce qui concerne les flores boréales.

M. **Paul Danguy** a donc contribué efficacement à faire connaître la flore de plusieurs parties importantes du globe et la Commission propose de lui attribuer une partie du prix Houllevigue pour 1928.

Rapport de M. Termier *sur l'ouvrage de Mme* **Gubler-Wahl.**

La moitié du prix est attribuée à Mme **Yvonne Gubler-Wahl**, docteur ès sciences, collaboratrice au Service de la Carte géologique de France, pour son ouvrage géologique *La nappe de l'Ubaye au sud de la vallée de Barcelonnette.*

Cet ouvrage, enrichi de deux planches de photographies, d'une planche de coupes et de deux cartes géologiques, est la monographie détaillée d'une des régions les plus compliquées des Alpes françaises. L'auteur a ajouté beaucoup d'observations nouvelles, stratigraphiques ou tectoniques, à celles que nous devons à nos regrettés confrères Haug et Kilian.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX SAINTOUR.

(Commissaires : MM. Roux, Bouvier, A. Lacroix, Termier, Marchal; Mesnil, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Émile Terroine**, professeur à la Faculté des sciences de Strasbourg, pour ses recherches sur la Physiologie de la Nutrition.

Appelé en 1919 à l'Université de Strasbourg comme professeur à la Faculté des Sciences, M. Terroine dut tout d'abord consacrer son activité à construire et aménager entièrement l'Institut de Physiologie générale qu'il dirige depuis.

Tout en permettant l'enseignement et la recherche dans tous les domaines de la Physiologie, cet Institut a été surtout conçu en vue de l'étude des multiples aspects de la physiologie de la nutrition chez les végétaux comme chez les animaux, chez les êtres supérieurs comme chez les microorganismes.

Ce sont donc les résultats de recherches de cet ordre, qu'il a poursuivies soit seul, soit avec l'aide d'une nombreuse équipe d'élèves et de collaborateurs, que M. Terroine soumet au jugement de l'Académie, recherches qui portent essentiellement sur le métabolisme énergétique, le métabolisme azoté et le métabolisme des substances grasses et lipoïdiques.

Dans le domaine de l'énergétique et pour ne citer que les acquisitions les plus importantes : il analyse le mécanisme des processus généraux de croissance et les causes particulières de dépense afférentes à ces processus; il dégage les lois biochimiques quantitatives de la formation des principaux constituants et produits des organismes; il élucide le mécanisme de l'action dynamique spécifique et soumet ce phénomène à une loi précise qui le fait rentrer dans le cadre de la physiologie générale; il propose une explication biochimique des différences d'intensité respiratoire des divers tissus; il fixe

les conditions de validité de la loi des surfaces, en même temps que l'influence de la température extérieure sur la grandeur des échanges; il formule une nouvelle hypothèse sur les causes qui commandent à l'intensité de la dépense énergétique minima des homéothermes.

En ce qui regarde le métabolisme azoté : il analyse le mécanisme de la digestion des substances albuminoïdes et montre l'importance relative des diverses diastases qui interviennent; il établit l'existence d'une dépendance rigoureuse, s'exprimant par une loi numérique précise valable pour tous les homéothermes, de la dépense azotée vis-à-vis de la dépense énergétique; il fixe les conditions d'utilisation maxima des matières protéiques alimentaires au cours de la croissance et montre l'importance considérable prise par les aliments non protéiques (substances ternaires et matières salines) dans la fixation de l'azote; il étudie longuement la signification de la couverture partielle des besoins azotés par les protéiques déficientes et les sels ammoniacaux; il dégage de l'ensemble de ces études leurs conséquences pratiques quant à la constitution de la ration alimentaire, et théoriques quant au mécanisme de la synthèse des protéiques.

Enfin, dans le domaine des matières grasses et lipoïdiques, il réussit à étendre à tous les organismes la distinction entre *élément variable* et *élément constant;* il ajoute à cette distinction quantitative une distinction qualitative, la nature de l'*élément variable* étant soumise à la composition de l'alimentation, celle de l'*élément constant* en restant indépendante; il montre que les variations du taux des acides gras non saturés dans les organismes sont entièrement sous la dépendance de la température extérieure et en donne une explication bioénergétique; il fixe le degré d'utilisation des corps gras au cours de l'avitaminose, pendant l'inanition et sous l'influence de la température extérieure, pendant la formation des œufs; il met en rapport la formation des stérols avec le métabolisme des graisses neutres.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX LONCHAMPT.

(Commissaires : MM. Roux, A. Lacroix, Mangin, Richet, Leclainche; Bertrand, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Maurice Javillier**, professeur à la Faculté des sciences, pour la continuation de ses travaux sur la constitution minérale des végétaux.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX WILDE.

(Commissaires : MM. Boussinesq, A. Lacroix, Bigourdan, Hamy, Kœnigs, Borel; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Albert Pérard**, premier adjoint au Bureau international des poids et mesures, pour ses travaux de métrologie et ses recherches d'optique physique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX CAMÉRÉ.

(Commissaires : MM. Vieille, Le Chatelier, Lecornu, Kœnigs, Rateau, Mesnager; M. d'Ocagne, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Louis Biette**, inspecteur général des Ponts et Chaussées, pour son ouvrage intitulé : *Les chemins de fer urbains parisiens*.

La construction des chemins de fer souterrains de Paris, tant par les exceptionnelles difficultés vaincues que par l'heureux choix des méthodes suivies pour l'étude des projets et l'exécution des travaux, apparaît comme une des plus belles et des plus grandes créations de l'art de l'ingénieur à notre époque. Au premier rang des ingénieurs qui, sous la haute direction de M. l'inspecteur général des Ponts et Chaussées Bienvenue (précédemment couronné, à ce propos, par l'Académie des Sciences), ont participé à la réalisation de ce magnifique travail, M. l'inspecteur général **Biette** s'est tout particulièrement distingué comme technicien de grande valeur. Il vient, de plus, en un livre excellent, de faire un exposé savant et complet de l'œuvre à laquelle il a si utilement collaboré, dans lequel il dégage, pour la première fois, en une large synthèse, les principes résultant de l'expérience ainsi acquise.

Le prix Caméré ne saurait récompenser une œuvre plus méritoire.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX ROUX.

(Commissaires : MM. Hamy, Mangin, Appell, A. Lacroix. Bouvier; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **François Divisia**, professeur à l'École Nationale des ponts et chaussées, pour son ouvrage intitulé : *Économique rationnelle*.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX THORLET.

(Commissaires : MM. Hamy, Mangin, Appell, Bouvier, Émile Picard; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Adolphe Richard**, ancien préparateur à l'École nationale supérieure des Mines.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX ALBERT Ier DE MONACO.

(Commissaires : MM. Hamy, Mangin, Émile Picard, A. Lacroix, d'Arsonval, Deslandres, Le Chatelier, Janet, Breton, Perrin; Villard, rapporteur.)

Notre Confrère, M. **A. Cotton**, a entrepris, voici bientôt une vingtaine d'années, de résoudre le difficile problème consistant à réaliser, suivant sa propre expression, des champs magnétiques à la fois intenses et étendus. Une lacune existait en effet dans le matériel magnétique dont disposaient les physiciens : on savait, à la vérité, depuis Faraday, produire des champs de quelques dizaines de mille gauss, et, grâce aux travaux de M. Weiss, ainsi qu'à sa découverte des propriétés remarquables du ferro-cobalt, on sait construire des électro-aimants donnant, entre les étroites facettes de leurs pièces polaires, des champs de 50000 à 60000 gauss.

Mais ces champs intenses ne sont pas étendus, et ne s'obtiennent que dans des espaces extrêmement petits; on a, par suite, beaucoup de peine à les rendre uniformes, leur valeur est d'une détermination difficile, et, ce

qui est plus grave, le volume de la matière dans laquelle on veut étudier les effets de la contrainte magnétique est si faible que la précision des mesures est souvent insuffisante, que des phénomènes peut-être d'un grand intérêt demeurent inaccessibles à l'observation.

Deux méthodes principales permettent d'accroître d'une manière satisfaisante l'étendue occupée par le champ : celle qui se présente naturellement à l'esprit consiste à augmenter simplement les dimensions de l'instrument, ce qui, suivant une loi connue, multiplie dans le même rapport les dimensions du champ, ainsi d'ailleurs que la puissance qu'il faut dépenser pour lui conserver sa valeur.

Or, si l'on prend pour base l'un des plus puissants électro-aimants construits suivant le modèle créé par M. Weiss, et dont les surfaces polaires terminales ont quelques millimètres de diamètre seulement, et si l'on se propose de décupler ce diamètre ainsi que l'étroit entrefer qui sépare les pôles, on voit que le poids de l'instrument sera multiplié par 1000, et que les kilogrammes de fer et de cuivre qui le constituent seront remplacés par des tonnes. De là d'énormes difficultés de construction, entraînant à des dépenses considérables, auxquelles nous oblige à consentir la limite, actuellement infranchissable, imposée à nos efforts par la saturation du fer.

Ce rapport 10, qu'il serait difficile de dépasser beaucoup, est voisin de celui qui a été adopté par M. Cotton : il donne, avec toute facilité pour effectuer les mesures, une décimale de plus; il laisse, en outre, à l'expérimentateur une marge suffisante pour accroître le champ bien au delà de ce qu'on pouvait faire antérieurement, et tout en conservant un volume d'entrefer très satisfaisant.

Une autre méthode, très élégante, peut donner le même résultat : les recherches de MM. Deslandres et Pérot ont montré qu'un enroulement sans fer, ou avec très peu de fer, refroidi de manière à admettre des densités de courant de plusieurs milliers d'ampères par millimètre carré, est capable de donner un champ de plus de 60000 gauss dans un espace relativement grand, mais en consentant une dépense d'énergie considérable et, par suite, très dispendieuse.

Ces deux méthodes sont loin de s'exclure : entre les pôles d'un très grand électro-aimant on dispose en effet d'un emplacement suffisant pour installer, autour de l'entrefer et sur les cônes polaires, des enroulements supplémentaires analogues à ceux employés par MM. Deslandres et Perot; on peut ainsi doubler la valeur du champ et atteindre 100000 gauss, ce qui, en quadruplant l'énergie localisée dans un volume donné, élève notablement le facteur d'utilisation de la puissance dépensée.

La réalisation d'un très grand électro-aimant donne ainsi le moyen d'obtenir, dans un volume important, soit un champ de 50000 gauss avec une dépense horaire modérée, soit une centaine de mille gauss par l'addition facultative d'enroulements supplémentaires. Dans les deux cas la constance du champ peut être exactement maintenue pendant autant de temps qu'on le désire, donnant toute facilité pour l'observation et la mesure des phénomènes, et l'on est en droit d'escompter que de très importantes découvertes seront faites avec une telle installation.

Rien n'empêcherait d'ailleurs d'aller beaucoup plus loin, et, en s'inspirant de l'ingénieux procédé imaginé par M. Kapitza, d'ajouter plus de 200000 gauss au champ propre donné par l'électro-aimant; mais on serait alors obligé de se limiter aux cas exceptionnels où une durée d'application de l'ordre du millième de seconde serait jugée suffisante.

Grâce aux fonds généreusement mis par le Public à la disposition de l'Académie lors de la Journée Pasteur, ainsi qu'à une subvention offerte par la Sorbonne dès avant la guerre, M. Cotton a pu faire construire l'électro-aimant projeté et calculé par lui. Ce bel instrument est installé à l'Office des Inventions dans un pavillon spécialement aménagé par les soins du Directeur, notre Confrère M. Breton, et constituant un véritable Institut de recherches magnétiques.

Mais il ne suffit pas, pour mener à bien de telles recherches, de posséder l'appareil capable de fournir les champs magnétiques nécessaires : des installations complémentaires appropriées sont indispensables; le magnétisme est l'un des meilleurs agents dont puissent disposer les physiciens pour scruter les atomes et en analyser la structure. De nombreux travaux de magnéto-optique sont en perspective, je dirai même en attente; il faut également penser à l'étude de ces singulières variantes des éléments qu'on désigne sous le nom d'isotopes, etc.

Toute une instrumentation est à créer et à installer près de l'électro-aimant pour bien utiliser son exceptionnelle puissance. Nul mieux que M. Cotton n'est qualifié pour mener à bien une telle installation et diriger les travaux des chercheurs; en conséquence la Commission du prix Albert I[er] de Monaco vous propose de mettre ce prix à la disposition de M. **Cotton** pour lui permettre de parachever l'œuvre si importante et si utile à laquelle il a consacré ses efforts.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATIONS SPÉCIALES.

FONDATION LANNELONGUE.

(Commissaires : MM. Hamy, Mangin, Appell, Bouvier, Émile Picard; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de partager les arrérages de la fondation entre Mmes **Cusco** et **Ruck**.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX HELBRONNER-FOULD.

(Commissaires : MM. Hamy, Mangin, Émile Picard, Blondel, Foch, Janet, Breton, d'Ocagne, de Broglie, Desgrez, Sejourné, Charcot, Helbronner; A. Lacroix, rapporteur.)

Ce prix, fondé par un de nos confrères en souvenir de sa femme, doit être attribué à la veuve d'un savant français. Parmi les conditions qu'il a envisagées figure celle de la femme d'un homme de science ayant prolongé le souvenir de son mari en présidant à la publication posthume de ses œuvres.

La Commission a pensé que nulle mieux que Mme **Marcel Bertrand** ne réalisait cette condition.

L'œuvre de son mari, dont l'action fut si grande sur les géologues contemporains, est disséminée dans divers recueils. Mme Marcel Bertrand a eu la pieuse pensée de les coordonner dans une publication d'ensemble pour laquelle elle a trouvé le concours compétent et dévoué de M. Emmanuel de Margerie, correspondant de l'Académie.

Un premier volume a paru, un autre est sous presse, le troisième paraîtra bientôt.

Le prix Hélène Helbronner-Fould réunit dans un même hommage Mme **Marcel Bertrand** et notre regretté confrère.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX DES GRANDES ÉCOLES.

PRIX LAPLACE

Le prix est décerné à M. **Pierre Robert**, né au Havre, le 23 novembre 1907, sorti avec le n° 1, en 1928, de l'École polytechnique.

PRIX L. E. RIVOT.

Le prix est partagé entre les quatre élèves dont les noms suivent, sortis en 1928, avec le n° 1 ou 2 de l'École polytechnique, dans les corps des mines et des ponts et chaussées :

M. **Pierre Robert**, sorti premier dans le corps des mines, reçoit 750fr;

M. **Alphonse Grange**, sorti premier dans le corps des ponts et chaussées, reçoit 750fr;

M. **Roger Dodu**, sorti second dans le corps des mines, reçoit 500fr;

M. **Marcel Davin**, sorti second dans le corps des ponts et chaussées, reçoit 500fr.

FONDS DE RECHERCHES SCIENTIFIQUES.

FONDATION TRÉMONT.

(Commissaires : MM. Hamy, Mangin, Appell, A. Lacroix, Bouvier; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **André Charrueau**, ingénieur des ponts et chaussées, pour ses recherches sur l'équilibre des fluides.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION GEGNER.

(Commissaires : MM. Hamy, Mangin, Appell, Émile Picard, Bouvier; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Maurice Vèzes**, professeur honoraire à la Faculté des sciences de Bordeaux, ancien directeur de l'Institut du Pin, pour son *Traité de Chimie physique*.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION JÉROME PONTI.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, A. Lacroix, Bigourdan, Le Chatelier, Breton, Joubin; Bouvier, rapporteur.)

Notre Commission vous propose d'attribuer le prix Jérôme Ponti à M. **Pierre Cappe de Baillon** pour ses belles *Recherches sur la tératologie des Insectes*, récemment publiées en volume dans l'*Encyclopédie entomologique*.

Comme je le disais dans la préface que j'ai eu le plaisir d'écrire pour cet ouvrage, s'il est vrai qu'il n'y a de science que de général, M. Cappe de Baillon a fait une œuvre de parfaite science. Pourtant la partie essentielle de son ouvrage est consacrée à la production des monstres doubles dans une seule espèce, l'Orthoptère phasmide *Carausius morosus*; mais la formation de ces monstres n'est-elle pas au cœur même de la tératologie et le *Carausius*, avec ses pontes parthénogénétiques continues, n'est-il pas le sujet idéal pour suivre dans toutes leurs particularités les phases de phénomènes? En fait, par son étude, M. Cappe de Baillon rattache la tératologie entomologique à la tératologie des Vertébrés, il éclaire et justifie les idées entrevues par ses prédécesseurs dans ce dernier groupe, et il donne par là même au processus tératologique son caractère de généralité.

C'est bien là une œuvre de science qui justifie le choix de votre Commission.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION HIRN.

(Commissaires : MM. Hamy, Mangin, Appell, A. Lacroix, Bouvier; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Maurice Gevrey**, professeur à la Faculté des Sciences de Dijon, pour ses travaux sur les équations aux dérivées partielles.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION HENRI BECQUEREL.

(Commissaires : MM. Hamy, Mangin, Appell, Bouvier, A. Lacroix; Emile Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Paul Lévy**, professeur à l'École Polytechnique, pour ses travaux d'Analyse fonctionnelle.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION LOUTREUIL.

(Membres du Conseil : MM. Hamy, Émile Picard, Lallemand, Henry Le Chatelier, Paul Janet; A. Lacroix, rapporteur.)

L'Académie a reçu 31 demandes. Après avis du Comité consultatif de la fondation, le Conseil a décidé d'accorder les 25 subventions suivantes.

Il croit devoir faire deux remarques :

Le nombre des demandes destinées à des recherches originales est extrêmement réduit. Sans doute, dans les circonstances actuelles, il est bon d'aider les publications et les bibliothèques scientifiques, mais il est à souhaiter que dans l'avenir une part plus large puisse être donnée à la recherche proprement dite.

D'autre part, les fonds mis à la disposition de l'Académie par M. Loutreuil sont destinés aux chercheurs ne faisant pas partie des universités, celles-ci ayant été dotées par lui d'un fonds spécial. Les demandes émanant

des observatoires provinciaux dépendant des universités ont été accueillies jusqu'ici, mais comme elles se multiplient, il y a lieu de revenir à l'exécution stricte des volontés du testateur, et dans l'avenir ce genre de demandes ne sera plus admis.

I. — *Subventions accordées à la demande des établissements désignés par le fondateur.*

1° *Muséum national d'histoire naturelle.* — 11000^{fr} pour contribuer à l'établissement du catalogue des bibliothèques des laboratoires.

Depuis plusieurs années, le Muséum fait un effort financier considérable pour compléter sa bibliothèque spécialisée et mettre à jour son catalogue.

Il a semblé que ce serait rendre grand service aux travailleurs fréquentant cette bibliothèque centrale d'histoire naturelle, que de mettre à leur disposition l'inventaire des livres existant dans les très riches bibliothèques des laboratoires de cet établissement.

Il s'agit de faire les fiches de quelque cinquante mille volumes et de les intercaler dans le catalogue général de la bibliothèque, accessible au public. La subvention accordée servira à amorcer ce grand travail.

2° *Conseil de perfectionnement de l'École Polytechnique.* — 12000^{fr} à la bibliothèque de l'École, pour l'acquisition d'ouvrages de fonds et de publications scientifiques.

3° *École nationale vétérinaire d'Alfort.* — 2000^{fr} à M. **Nicolas**, directeur de l'École nationale vétérinaire d'Alfort, pour des recherches biochimiques sur la sulfo-urée et ses dérivées.

4000^{fr} à M. **Maignon**, professeur, pour continuer diverses recherches, notamment sur l'influence des saisons et des glandes génitales sur le métabolisme basal et l'action dynamique spécifique des aliments chez le chien.

4° *École nationale vétérinaire de Lyon.* — 4000^{fr} à la bibliothèque de l'École pour lui permettre de compléter ses collections de périodiques étrangers.

5° *École nationale vétérinaire de Toulouse.* — 4000^{fr} à la bibliothèque de l'École pour lui permettre de compléter ses collections françaises et étrangères et de faire relier de nombreuses brochures en souffrance.

6° *Institut national agronomique.* — 4000^{fr} à la bibliothèque pour lui

permettre de compléter ses collections de périodiques interrompues pendant la guerre.

3000^fr à M. **Paul Nottin**, professeur, pour ses recherches sur la saccharification de la fécule.

II. — *Subventions accordées à la demande d'établissements admis pour un an par M. le Président.*

Conservatoire national des Arts et Métiers. — 5000^fr à M. **Léon Guillet**, membre de l'Académie, professeur, pour achat de matériel de recherches sur l'action des efforts répétés sur les métaux et pour le développement des installations de traitements thermiques.

4000^fr à la bibliothèque du Conservatoire national des Arts et Métiers pour achat de livres.

III. — *Sur demandes indépendantes.*

5000^fr à M. **Jeannel**, directeur du Vivarium du Muséum national d'histoire naturelle, pour la publication des fascicules 57 à 59, des études zoologiques entreprises sur les matériaux recueillis au cours du voyage qu'il a fait en Afrique centrale avec M. Alluaud.

5000^fr à M. **Louis Bazy**, chirurgien des hôpitaux, pour ses recherches sur les propriétés curatives et préventives du bacille de l'entérite paratuberculeuse des bovidés et de ses extraits.

5000^fr à Mme **Delage**, comme dernière contribution à la publication du dernier volume de l'année biologique, laissé inachevé par notre regretté confrère.

1000^fr à M. **Édouard Doublet**, ancien astronome, pour la publication d'un ouvrage historique sur Gustave Lambert.

2000^fr à M. **Henri Douvillé**, membre de l'Académie, pour contribuer à la recherche sur place de fossiles qui permettront de compléter l'étude des calcaires à Rudistes des Pyrénées.

5000^fr à la **Faune des colonies françaises.**

Cette intéressante publication dirigée par M. Gruvel, professeur au Muséum, sous le contrôle d'un Conseil d'administration, est à sa seconde année d'existence; elle a brillamment réalisé son programme et ne tardera

pas à pouvoir se suffire à elle-même. L'Académie lui donne une aide en même temps qu'un témoignage d'estime.

2000^{fr} à M. **Gaston Fayet**, directeur de l'Observatoire de Nice, pour assurer la publication régulière du *Bulletin de l'Observatoire de Nice*.

5000^{fr} à la publication consacrée aux matériaux recueillis par les croisières du *Travailleur* et du *Talisman*.

La mort d'Alphonse Milne Edwards a laissé incomplète la publication des résultats des mémorables campagnes du *Travailleur* et du *Talisman*. Quelques fascicules ont été publiés plus tard sous la direction d'Edmond Perrier.

M. **Gravier**, membre de l'Académie, s'est chargé de la surveillance de la publication de l'étude de quelques groupes pour laquelle des collaborateurs ont été trouvés. La subvention accordée complétera celle donnée par le Ministère de l'Instruction publique.

6000^{fr} à M. **Henri Humbert**, docteur ès sciences, pour contribuer à ses études sur le terrain de la flore sylvestre des hautes montagnes de Madagascar et sa comparaison avec celle de l'Afrique tropicale.

M. **Humbert**, jeune botaniste d'avenir, a entrepris un troisième voyage d'exploration à Madagascar qu'il se propose de compléter par la traversée de l'Afrique.

La fondation Loutreuil témoigne de l'intérêt qu'elle porte à cette entreprise en accordant un complément de subvention à M. Humbert.

3000^{fr} à l'**Institut d'Optique**, pour achat de livres destinés à compléter sa bibliothèque.

8000^{fr} à M. **Jean Mascart**, directeur de l'Observatoire de Lyon, pour contribuer aux frais d'impression des observations et travaux effectués ou centralisés à Lyon.

5000^{fr} à l'**Observatoire de Paris** pour terminer la publication du catalogue de Lalande.

8000^{fr} à l'**Observatoire de Zo-Se**, pour aider à la publication des observations de cet observatoire.

4000^{fr} à M. **Jean Piveteau**, docteur ès sciences, pour entreprendre dans le Sud tunisien des recherches géologiques et paléontologiques.

8000^{fr} à M. **J. Risbec**, professeur au Collège « La Pérouse » à Nouméa, pour l'achat d'appareils devant lui permettre de continuer les recherches biologiques qu'il poursuit en Nouvelle-Calédonie.

L'ensemble des subventions accordées s'élève à la somme de 125000fr. Nous en donnons la récapitulation dans le tableau suivant :

1° *Subventions accordées à la demande des établissements désignés par le donateur :*

	fr.
Muséum national d'histoire naturelle :	
Bibliothèques des laboratoires	11000
École Polytechnique :	
Bibliothèque	12000
École nationale vétérinaire d'Alfort :	
M. Nicolas	2000
M. Maignon	4000
École nationale vétérinaire de Lyon :	
Bibliothèque	4000
École nationale vétérinaire de Toulouse :	
Bibliothèque	4000
Institut national agronomique :	
Bibliothèque	4000
M. Paul Nottin	3000

2° *Subventions accordées à la demande d'établissements admis pour un an par M. le Président :*

Conservatoire national des arts et métiers :	
M. Léon Guillet	5000
Bibliothèque	4000

3° *Subventions accordées sur demandes directes :*

M. Jeannel	5000
M. Louis Bazy	5000
Mme Delage	5000
M. Édouard Doublet	1000
M. Henri Douvillé	2000
La Faune des colonies françaises	5000
M. Gaston Fayet	2000
Publication des croisières du *Travailleur* et du *Talisman*	5000
M. Henri Humbert	6000
M. Fabry	3000
M. Jean Mascart	8000
L'Observatoire de Zo-Se	8000
L'Observatoire de Paris	5000
M. Jean Piveteau	4000
M. J. Risbec	8000
Total	125000

FONDATION DE Mme VICTOR NOURY.

(Commissaires : MM. Hamy, Mangin, Appell, Bouvier; Émile Picard, A. Lacroix, rapporteurs.)

La Commission propose de décerner :

Un prix de 4000fr à M. **Fernand Blondel**, ingénieur au Corps des Mines, directeur du Service géologique de l'Indochine, pour ses travaux sur la géologie de cette colonie;

Un prix de 3000fr à M. **René Fortrat**, professeur à la Faculté des sciences de Grenoble, pour ses travaux sur la spectroscopie.

Un prix de 3000fr à M. **Lucien Klotz**, publiciste, pour ses études se rattachant aux droits d'auteurs des savants et à la protection de la propriété scientifique.

Rapport de M. A. Lacroix *sur les travaux de M.* **F. Blondel.**

M. **Fernand Blondel**, ingénieur au Corps des Mines, chef du Service géologique de l'Indochine, a publié d'intéressants travaux sur la géologie de la colonie, notamment sur ses Terres Rouges, sur le grand développement des épanchements basaltiques dans le sud Annam, la Cochinchine, le Cambodge. Il a étudié le grand gisement de zinc de Chodien, au Tonkin, fait l'inventaire des sources thermales de l'Indochine, etc.

Sous son impulsion, le Service géologique de notre grande colonie d'Extrême-Orient est animé d'une féconde activité.

La Commission propose d'attribuer à M. **Blondel** sur la fondation Noury, dont l'Académie dispose pour la première fois, un prix de 4000fr.

Rapport de M. Émile Picard *sur les travaux de M.* **René Fortrat.**

Les travaux de M. **René Fortrat**, professeur à la Faculté des sciences de Grenoble, sur les spectres de bandes font autorité et ont contribué tout particulièrement à susciter les recherches que l'on poursuit actuellement, à l'étranger surtout, sur la classification de ces spectres compliqués. M. Fortrat a publié plusieurs fascicules d'un ouvrage sur la Physique théorique, ouvrage écrit avec clarté et bien au courant des théories récentes.

Rapport de M. ÉMILE PICARD *sur les travaux de M.* **LUCIEN KLOTZ.**

Par une vigoureuse campagne de presse, M. **LUCIEN KLOTZ** a provoqué à Paris, en 1921, un mouvement d'opinion en faveur de la reconnaissance légale du droit qu'ont les savants à recueillir une part des bénéfices réalisés par l'industrie grâce à leurs découvertes. Un projet de loi est maintenant à l'étude. En proposant une récompense pour son initiateur, la Commission entend marquer son espérance de voir aboutir cette mesure de justice, si difficile qu'en puisse être la réalisation.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION BOUCHARD.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, Roux, Mangin, Branly, Richet, Quénu, Leclainche, Widal, Bazy, Vincent, Calmette; Mesnil, rapporteur.)

Votre Commission vous propose de subventionner les recherches de M. **CONSTANTIN TOUMANOFF**, licencié ès sciences, sur la physiologie normale et pathologique (maladies microbiennes) des insectes.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION LE CHATELIER.

(Commissaires : MM. Le Chatelier, Rateau, Charpy, Lumière, Laubeuf, Claude, Guillet.)

Les arrérages de la fondation ne sont pas attribués en 1928.

FONDATION ROY-VAUCOULOUX.

(Commissaires : MM. Richet, Quénu, Bazy, Joubin, Mesnil, Vincent; Roux, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer les arrérages de la fondation Roy-Vaucouloux à M. le professeur **CLAUDIUS REGAUD**, directeur de la fondation

Curie, pour l'ensemble de ses travaux sur l'action du radium et des rayons X sur les tissus normaux et sur les tissus pathologiques, notamment sur l'emploi des radiations dans le traitement des diverses tumeurs cancéreuses.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

LECTURES.

M. A. **Lacroix**, secrétaire perpétuel, lit la *Notice historique sur le troisième fauteuil de la Section de Minéralogie*.

A. Lx et É. P.

TABLEAU DES PRIX ET SUBVENTIONS ATTRIBUÉS.

ANNÉE 1928

CHIMIE.

MINÉRALOGIE ET GÉOLOGIE.

BOTANIQUE.

ANATOMIE ET ZOOLOGIE.

MÉDECINE ET CHIRURGIE.

PHYSIOLOGIE.

STATISTIQUE.

HISTOIRE ET PHILOSOPHIE DES SCIENCES.

OUVRAGES DE SCIENCES.

MÉDAILLES.

PRIX GÉNÉRAUX.

FONDATIONS SPÉCIALES.

PRIX DES GRANDES ÉCOLES.

FONDS DE RECHERCHES SCIENTIFIQUES.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MERCREDI 26 DÉCEMBRE 1928.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE HAMY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **PRÉSIDENT** annonce à l'Académie qu'à l'occasion des Fêtes du Nouvel-An la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mercredi 2 janvier 1929 au lieu du lundi 31 décembre 1928.

M. le **PRÉSIDENT** souhaite la bienvenue à MM. **HAYASHI**, doyen de la Faculté de Médecine de Tokio; **K.** et **J. SATO**, professeurs à l'Université de Ciba; **KUBO**, professeur à l'Université de Keijo, qui assistent à la séance.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur certains invariants.* Note (1) de M. PAUL APPELL.

Soit une différentielle

$$f(a, b, c, \ldots, m, n, p, \ldots, x)\,dx$$

où le multiplicateur de dx contient des coefficients $a, b, c, \ldots$ et des exposants $m, n, p, \ldots$.

Nous envisageons ici des substitutions $x = \varphi(x')$ qui conservent à la différentielle la même forme, soit

$$f(a', b', c', \ldots, m', n', p', \ldots, x')\,dx'.$$

Nous appellerons invariant pour la substitution considérée, une fonction

$$\psi(a, b, c, \ldots, m, n, p, \ldots),$$

telle que

$$\psi(a', b', c', \ldots, m', n', p', \ldots) = \delta\psi(a, b, c, \ldots, m, n, p, \ldots),$$

où $\delta \neq 0$. Si $\delta = 1$, l'invariant est absolu.

---

(1) Séance du 10 décembre 1928.

Cette Note, qui se rattache aux travaux d'Halphen, sera développée dans un autre Recueil, avec des exemples et l'extension à des expressions non différentielles, ainsi qu'à des fonctions de plusieurs variables.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Autoxydation et action antioxygène Propriétés catalytiques du silicium, du bore et de leurs dérivés* (1). Note de MM. **Charles Moureu, Charles Dufraisse** et **Pierre Laplagne.**

Silicium et dérivés. — Nous avons étudié 10 substances, employées à la dose de 1 pour 100.

A. *Le silicium cristallisé* (produit commercial) a (faiblement) ralenti l'oxydation de l'aldéhyde benzoïque (après une période d'inactivité), du sulfite disodique en solution alcaline, et accéléré (faiblement) celle de l'aldéhyde propylique, du sulfite disodique en solution légèrement acide.

Pour la *silice* SiO^2, nos premiers essais furent effectués avec un échantillon (provenant de la collection du laboratoire) qui contenait des traces d'halogène. Ce produit accéléra l'oxydation du styrolène (coeff. 3), de l'aldéhyde propylique (faiblement), ralentit celle du furfurol (fortement), de l'essence de térébenthine, du sulfite disodique (alcalin), et fut trouvé sans action sur l'acroléine, l'aldéhyde benzoïque, le sulfite disodique (acide).

D'autres essais furent exécutés avec de la silice bien exempte d'halogène, provenant d'une solution colloïdale (silicate sodique + HCl; lavages prolongés par dialyse). Voici les résultats :

1° *Silice desséchée à froid* (vide sulfurique); antioxygène vis-à-vis du styrolène et du sulfite disodique (alcalin), sans action appréciable sur l'oxydation de l'essence de térébenthine, de l'aldéhyde benzoïque, du sulfite disodique (acide);

2° *Silice desséchée à* 100°-110° : antioxygène vis-à-vis du styrolène, du sulfite disodique (alcalin), prooxygène (faible) vis-à-vis du furfurol et de l'aldéhyde benzoïque, sans action sur le sulfite disodique (acide);

3° *Silice calcinée au rouge :* antioxygène du styrolène, des solutions alcaline ou légèrement acide de sulfite disodique, prooxygène du furfurol, de l'aldéhyde benzoïque (faiblement).

B. Le *tétrachlorure* $SiCl^4$, le *tétrabromure* $SiBr^4$ et le *tétraiodure* SiI^4 sont antioxygènes vis-à-vis du furfurol, de l'aldéhyde benzoïque, du sulfite (alcalin), tandis qu'ils se montrent prooxygènes vis-à-vis du styrolène, (coeff. 7,40 et 20) et de l'essence de térébenthine (coeff. 11,20 et 10). Le tétrachlorure et le tétrabromure accélèrent faiblement l'oxydation du sulfite disodique (acide), alors que le tétraiodure la ralentit faiblement. Vis-à-vis de l'acroléine, le tétraiodure a d'abord (pendant

(1) Séance du 10 décembre 1928.

quelques heures) empêché l'oxydation de l'acroléine et est devenu ensuite fortement prooxygène. Le tétrachlorure se comporte comme antioxygène vis-à-vis de l'aldéhyde propylique.

Le *silicichloroforme* Cl^3SiH et le *benzyltrichlorure de silicium* $Cl^3SiCH^2 - C^6H^5$ sont antioxygènes vis-à-vis du furfurol, de l'aldéhyde benzoïque, du sulfite disodique (acide), tandis qu'ils accélèrent (fortement) l'oxydation de l'essence de térébenthine (coefficient 6) et (faiblement) celle du styrolène. Le silicichloroforme est antioxygène vis-à-vis de l'aldéhyde propylique.

C. Le *silicium-tétréthyle* $Si(C^2H^5)^4$ et le *silicium-tétréthoxyle* (*orthosilicate d'éthyle*) $Si(OC^2H^5)^4$ ralentissent l'oxydation du styrolène, du sulfite disodique (acide). Le silicium-tétréthoxyle ralentit l'oxydation de l'essence de térébenthine, du sulfite disodique (alcalin). Le silicium-tétréthyle accélère la vitesse d'oxydation de l'aldéhyde benzoïque et triple celle de l'essence de térébenthine.

Le *silicium-tétraphényle* $Si(C^6H^5)^4$ accélère l'oxydation de l'aldéhyde propylique, de l'acroléine, de l'essence de térébenthine, du sulfite disodique (alcalin ou acide). Opposé au furfurol, il en a pendant quelques jours empêché l'oxydation, laquelle a ensuite eu lieu à l'allure de celle du témoin (sans catalyseur).

On voit, en somme, que les corps siliciés les plus divers possèdent des propriétés catalytiques vis-à-vis des phénomènes d'autoxydation. Chose remarquable, celles de la silice (réserves faites sur la pureté; on sait quelle est la difficulté d'obtention d'une matière colloïdale à l'état pur) ne semblent point négligeables.

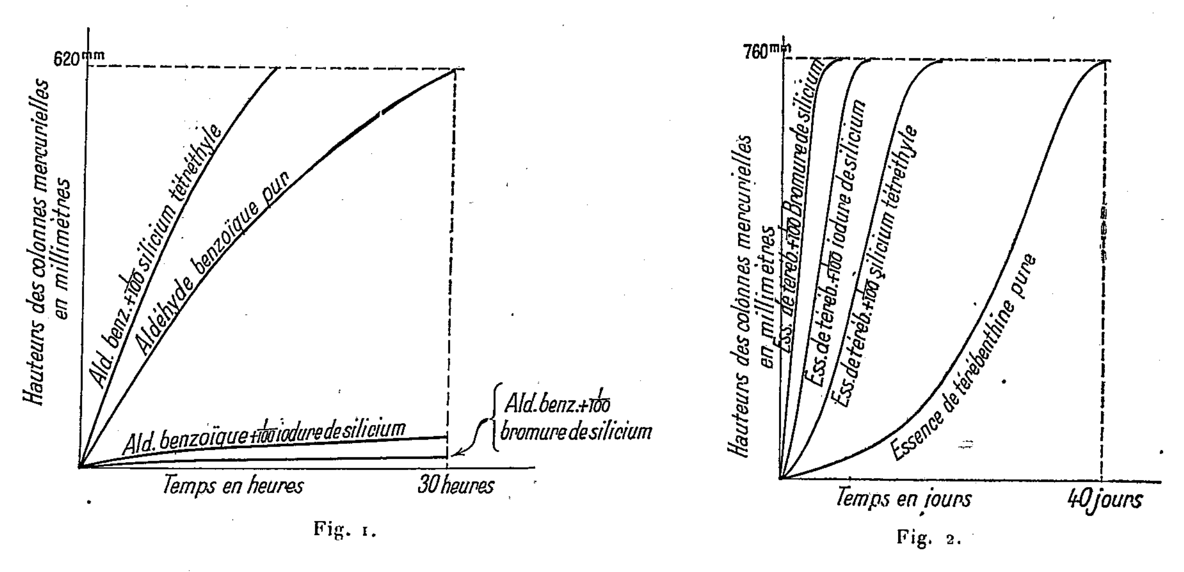


Fig. 1.

Fig. 2.

Observons, en outre, que l'étroite parenté des deux catalyses inverses ressort nettement de ces résultats (*fig.* 1 et 2).

Bore et dérivés. — L'étude a porté sur six substances, employées à la dose de 1 pour 100.

A. Le *bore* (amorphe) a ralenti l'oxydation de la solution alcaline de sulfite disodique. Il a accéléré celle de l'aldéhyde propylique (coeff. 2), du styrolène (coeff. 3), de l'essence de térébenthine (coeff. 4). Avec le furfurol, il y a action prooxygène au début et ensuite action antioxygène.

Les actions catalytiques de l'*acide borique*, du *borate de sodium* et du *borate d'éthyle* ont été trouvées généralement faibles ou nulles. Mentionnons l'action prooxygène du borate sodique vis-à-vis du styrolène (coeff. 4), et une notable action antioxygène du borate d'éthyle vis-à-vis du styrolène, du sulfite disodique (alcalin ou acide), de l'acroléine, du furfurol.

B. Le *chlorure* BCl^3 et le *bromure* BBr^3 ont donné des actions intenses. Ils accélèrent l'oxydation du styrolène (coeff. 9 pour le bromure). Le bromure a accéléré celle de l'essence de térébenthine (coeff. 10); il s'est montré, après une courte période d'inactivité, assez bon antioxygène vis-à-vis de l'aldéhyde propylique; opposé à l'acroléine, il en empêche d'abord complètement l'oxydation, puis celle-ci prend une allure accélérée; il ralentit l'oxydation de la solution alcaline de sulfite disodique et n'agit pas sensiblement sur la solution légèrement acide.

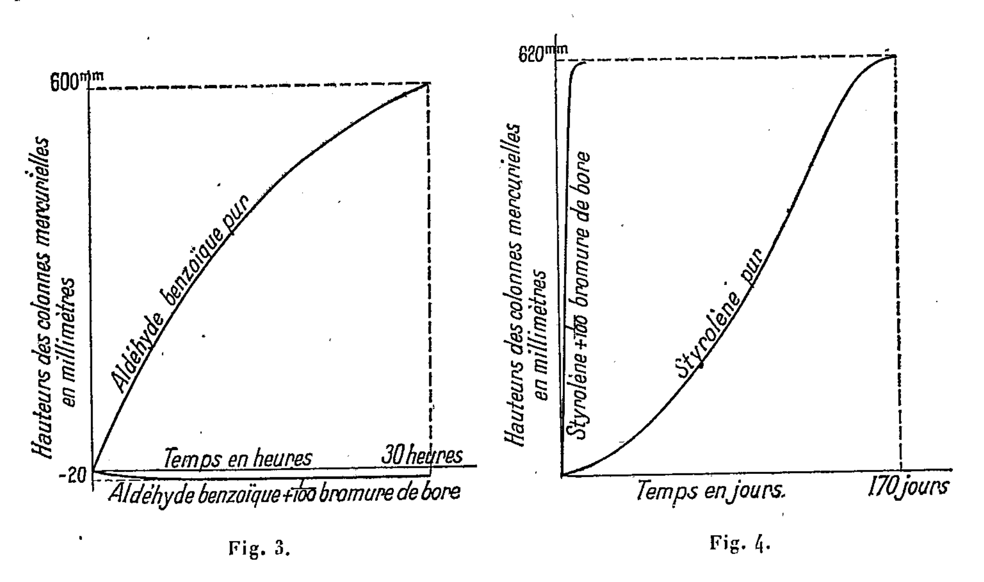


Fig. 3. Fig. 4.

Le chlorure et le bromure sont antioxygènes vis-à-vis de l'aldéhyde benzoïque. Il est à remarquer que leur simple contact avec l'aldéhyde détermine une réaction violente (sifflement) [1]; nous nous sommes assurés, tout au moins dans le cas du bromure, que c'était bien l'aldéhyde benzoïque qui restait en fin d'expérience (23 jours de

[1] La réaction du bromure de bore sur le furfurol a été tellement violente que le produit s'est rapidement et complètement résinifié.

durée) : le point d'ébullition n'avait pas varié, et la plus grande partie (87 pour 100, soit beaucoup plus qu'il n'en fallait pour absorber tout l'oxygène) a été retrouvée inaltérée.

Comme on le voit, le cas des corps borés constitue un nouvel exemple du fait que les substances les plus variées peuvent être des catalyseurs d'autoxydation, d'une part, et de la parenté des deux catalyses inverses, d'autre part (*fig.* 3 et 4).

OCÉANOGRAPHIE. — *Sur un dispositif permettant le sondage acoustique dans les régions polaires.* Note [1] de M. **J.-B. Charcot.**

L'étude du fond des mers au-dessous de la banquise avec des appareils à sonder au fil est des plus difficiles; le navire doit stopper et s'immobiliser; par les grandes profondeurs, l'opération est longue et délicate; elle ne peut être entreprise que dans de rares circonstances favorables; même alors, si un mouvement des glaces oblige à manœuvrer, le fil perd sa verticalité; il risque toujours d'être coupé par le contact du plus petit glaçon.

Les courants permanents, mais d'une intensité variable et inconnue, viennent encore compliquer ce travail.

D'autre part, les bâtiments en fer, inutilisables dans les glaces, pouvaient seuls jusqu'à présent se servir des sondeurs acoustiques.

Pendant une croisière effectuée sur nos côtes en 1927 nous avons étudié avec M. Marti la possibilité d'utiliser sur un navire en bois, l'excellent instrument enregistreur dont il est l'inventeur. Une installation spéciale nous parut indispensable, sans modifier en quoi que ce soit les qualités polaires du navire, elle fut facilement réalisée et à peu de frais.

Le microphone est enfermé dans une sorte de chapeau à haute forme en bronze, à bords plats, ayant ouverture d'environ $0^m,20$. Ce chapeau est passé, la coiffe en haut, dans une ouverture de même diamètre pratiquée à peu de distance en abord de la quille, dans les bordés de fond et un des couples; les bords, ainsi que la plaque de résonance en laiton qui ferme le chapeau sont encastrés ne faisant aucune saillie à l'extérieur et fixés par tire-fonds et tirants dans les premiers bordés. Un manchon en plomb se continuant par un bouchon à vis maintenu fermé tant qu'il n'est pas besoin d'accéder au microphone recouvre la coiffe et garantit la sécurité.

(1) Séance du 26 novembre 1928.

La connexion entre l'appareil enregistreur placé sur le pont dans la timonerie et le microphone passe par deux presse-étoupe au fond du chapeau et du manchon.

Nous avons pu expérimenter cette installation pendant notre dure campagne à la recherche du *Latham* 47. Les résultats furent excellents, tant en navigation ordinaire que dans des glaces même très serrées. Sans qu'il fût nécessaire de modifier l'allure du navire, un simple coup de fusil tiré à l'avant en dehors de la « moustache » nous révélait avec exactitude les fonds entre 36^m et 2000^m. Ce dispositif peut donc fournir de précieux et inattendus renseignements sur l'orographie des régions polaires. En navigation courante il nous a donné de parfaites indications pratiques; nous n'en citerons qu'un seul exemple : pendant la longue traversée entre l'Islande et l'Écosse, par très grosse mer et temps bouché ne permettant pas de faire un point observé, nous avons pu nous placer en relevant, à peu près à mi-chemin de notre route, les hauts fonds de 400 à 600^m du Banc Bill Bailey encadré de sondes de 2000^m.

Le *Pourquoi-Pas?* est je crois le premier navire en bois et le seul bateau polaire muni d'un appareil à sonder acoustique. Possédant cinq sondeurs de types différents il constitue un outil d'étude et de vérification de tout premier ordre.

Les résultats obtenus avec ce sondeur enregistreur font le plus grand honneur à son inventeur Marti et au Service hydrographique dont il dépend.

CORRESPONDANCE.

Mmes **Fernande Coupin, Mélanie Rosenblatt**;

MM. **Pierre Auger, Victor Auger, Louis Biette, Louis Boutan, Filippo Burzio, Pierre Cappe de Baillon, André Charrueau, Maurice Chiray, Robert Courrier, Paul Danguy, Jean-Louis Dantan, Georges Darmois, Louis Fage, René Fortrat, Henri Gaussen, Gino de Rossi, Maurice Gevrey, Georges Giraud, Alphonse Grange, Jean Granier, Freddy Haus, Carlos Ibañez de Ibero, Maurice Javillier, Pierre Jolibois, Louis Lapicque, Paul Lévy, Bernard Lyot, Szolem Mandelbrojt, Charles Mauguin, Jean Orcel, Paul Pascal, Ion Pavel, Albert Pérard, Maurice Rose, Édouard Schoull, Jean Thibaud, Albert Thuloup, Roger Werner, Gustave Worms, William Wright** adressent des remercîments pour les distinctions accordées à leurs travaux.

Mme **Yves Delage**;

MM. **Louis Bazy**, **Pierre Bricout**, **Édouard Doublet**, **Gaston Fayet**, **Léon Guillet**, **Jean Mascart**, **Paul Nottin**, **Paul Woog**, le **Conservatoire national des arts et métiers**, l'**Institut national agronomique**, l'**Institut d'Optique** adressent des remercîments pour les subventions qui leur ont été attribuées pour leurs recherches.

M. **G. Delépine** adresse un Rapport relatif à l'emploi qu'il a fait de la subvention qui lui a été accordée sur la *Fondation Loutreuil* en 1928.

M. **J. A. L. Waddell** fait hommage à l'Académie de ses *Memoirs and Addresses of two Decades*, publiés by Frank W. Skinner.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

L'industrie des pêches au Cameroun, par Théodore Monod. (Présenté par M. L. Mangin.)

GÉOMÉTRIE. — *Sur une classe de surfaces minima plongées dans un espace à cinq dimensions à courbure constante*. Note de M. **O. Borůvka**.

1. Dans un Mémoire récemment paru ([1]) j'ai étudié des surfaces minima, plongées dans un espace à quatre dimensions à courbure constante, qui jouissent de la propriété, que l'indicatrice de la courbure, en chaque point, est une circonférence. Les résultats, que j'ai obtenus à ce sujet, laissaient prévoir de ne pas admettre une généralisation immédiate pour des surfaces, jouissant des mêmes propriétés géométriques, mais plongées dans un espace à un nombre de dimensions supérieur à quatre et spécialement dans un espace à cinq dimensions. Dans un Mémoire qui paraîtra prochainement dans les publications de la Faculté des sciences de l'Université Masaryk, je me suis occupé de telles surfaces, plongées dans un espace à cinq dimensions et je me permets, dans cette Note, de résumer les résultats principaux, auxquels je suis arrivé à ce sujet.

2. *Les surfaces minima, plongées dans un espace à cinq dimensions à*

([1]) *Sur une classe de surfaces minima plongées dans un espace à quatre dimensions à courbure constante* (*Bulletin international de l'Académie des Sciences de Bohême*, 1928). On trouve un résumé des résultats principaux de ce Mémoire dans une Note aux *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 334-336.

courbure constante c, dont l'indicatrice de la courbure, en chaque point, est une circonférence, existent, quelle que soit la valeur de la courbure de l'espace ambiant; elles dépendent, en général, de quatre fonctions arbitraires d'un argument.

3. *Dans le sens de l'espace euclidien* ($c = 0$) on a les résultats suivants : *Pour qu'une surface, plongée dans l'espace projectif à cinq dimensions, puisse être définie comme une surface minima de l'espace euclidien à cinq dimensions, dont l'indicatrice de la courbure, en chaque point, est une circonférence, il faut et il suffit qu'elle soit douée d'un réseau tel que la suite de transformées laplaciennes dans l'un et l'autre sens s'arrête après la première transformation, selon le cas de Laplace, sur une courbe située sur une quadrique non dégénérée d'un espace à quatre dimensions; les deux courbes en question peuvent être arbitraires, à la condition près qu'elles ne soient pas des droites toutes les deux et que leurs tangentes soient, elles aussi, sur la même quadrique.* Cette quadrique est précisément la quadrique absolue de l'espace euclidien considéré et le réseau en question donne les deux familles de courbes minima sur la surface. Le calcul montre, en particulier, que dans l'espace euclidien à cinq dimensions, il n'existe pas de surfaces minima dont l'indicatrice de la courbure soit une circonférence *de rayon constant.*

4. *Dans le cas d'un espace non euclidien* ($c \neq 0$) le calcul montre qu'il existe deux espèces de surfaces considérées, les surfaces *générales* dépendant de quatre fonctions arbitraires d'un argument, les autres de trois fonctions seulement. *Pour qu'une surface, plongée dans l'espace projectif à cinq dimensions, puisse être définie comme une surface minima générale d'un espace non euclidien à cinq dimensions, dont l'indicatriee de la courbure, en chaque point, est une circonférence, il faut et il suffit qu'elle soit douée d'un réseau périodique à période six et autopolaire par rapport à une quadrique.* Cette quadrique détermine la métrique de l'espace et le réseau en question donne les deux familles de courbes minima sur la surface. On trouve ainsi une interprétation géométrique parfaite d'un problème de M. Guichard [1] et de plus, on trouve la généralité de la solution de ce problème. *Parmi les surfaces en question il existe une surface et une seule qui jouit de la propriété que le rayon de l'indicatrice soit le même en chaque point de la surface.* C'est une surface algébrique et *elle est caractérisée, projectivement, par la propriété que le réseau en question est à invariant constant. Quant aux autres surfaces,*

---

[1] *Sur une classe particulière d'équations de M. Moutard* (*Comptes rendus*, 156, 1913, p. 748-751); G. Tzitzéica, *Géométrie différentielle projective des réseaux*, Chap. XIV.

dépendant de trois fonctions arbitraires d'un argument, elles s'obtiennent des précédentes si, dans un sens, la deuxième transformée laplacienne du réseau formé par les deux familles de courbes minima se réduit à une courbe. Sur une telle surface, une famille de courbes minima est formée par des courbes planes, les plans de ces courbes étant des plans osculateurs de la courbe à laquelle se réduit la deuxième transformée laplacienne du réseau. *Parmi les surfaces en question il existe une famille de surfaces, jouissant de la propriété que le rayon de l'indicatrice soit le même en chaque point de la surface. Ces surfaces dépendent d'une fonction arbitraire d'une variable et elles sont caractérisées, projectivement, par la propriété que la famille de courbes planes du réseau en question soit formée par des coniques.* Il est digne de remarque, pour qu'une surface minima, plongée dans un espace non euclidien à cinq dimensions, dont l'indicatrice de la courbure est une circonférence, générale ou non, jouisse de la propriété d'avoir le même rayon de l'indicatrice en chaque point de la surface, il faut qu'il existe une relation entre le rayon de l'indicatrice et la courbure de l'espace ambiant. En particulier, *pour que le rayon de l'indicatrice soit réel, il faut et il suffit que l'espace ambiant soit à courbure positive.*

5. Quant à la méthode qui m'a permis d'obtenir ces résultats, c'est la méthode du repère mobile, sous la forme employée par M. E. Cartan.

ALGÈBRE. — *Sur la courbure des variétés non holonomes.* Note de M. Z. HORÁK.

En étudiant les variétés non holonomes, on a fait la constatation que la méthode habituelle pour arriver à la courbure n'est plus applicable pour une X_n^m à cause de l'impossibilité de construire un parallélogramme fermé infiniment petit (¹). Dans la Note présente, je me propose de généraliser la méthode usuelle pour une X_n^m, en remplaçant le parallélogramme fermé par un cycle fermé infiniment petit, composé d'un parallélogramme quelconque situé dans X_n^m et du vecteur joignant son point final à son point initial, de sorte qu'on revienne au point de départ.

Considérons une X_n^m plongée dans une X_n avec une $(n-m)$ — direction

(¹) J.-A. SCHOUTEN, *On non holonomic connexions* (*Proceedings Kon. Akad. v. Wetenschappen Amsterdam*, 31, 1928, n° 3. Voir aussi G. VRANCEANU, *Sur quelques tenseurs dans les variétés non holonomes* (*Comptes rendus*, 186, 1928, p. 995-996).

locale ([1]) et désignons par x^λ ($\lambda, \mu, \nu = 1, 2, \ldots, n$) les paramètres holonomes de X_n. Si l'on introduit les paramètres non holonomes x^k ($i, j, k = 1, 2, \ldots, n$) ([2])

$$dx^k = A^k_\lambda\, dx^\lambda, \qquad dx^\lambda = A^\lambda_k\, dx^k,$$

et si l'on désigne

$$\underset{12}{\Delta} = \underset{2}{d}\underset{1}{d} - \underset{1}{d}\underset{2}{d},$$

on aura

$$(1) \qquad \underset{12}{\Delta} x^k = \Pi^k_{ij}\, \underset{1}{d}x^i\, \underset{2}{d}x^j + A^k_\lambda\, \underset{12}{\Delta} x^\lambda,$$

où

$$\Pi^k_{ij} = 2 A^k_\lambda \partial_{[i} A^\lambda_{j]} \qquad \left(\partial_i = A^\lambda_i \frac{\partial}{\partial x^\lambda}\right),$$

le choix des paramètres x^k et de l'opération $\underset{12}{\Delta}$ étant complètement arbitraire. Or, on peut choisir les dx^k de la manière ([1]) que les déplacements dans la X^m_n soient liés par les $n - m$ conditions

$$dx^r = 0 \qquad (r = m + 1, \ldots, n),$$

et que les autres m différentielles dx^a ($a, b, c, d, e, f = 1, 2, \ldots, m$) soient situées dans la X^m_n. Cela fait, nous allons supposer que les déplacements $\underset{1}{d}, \underset{2}{d}$ intervenant dans l'opération $\underset{12}{\Delta}$ soient placés dans la X^m_n, de sorte que

$$(2) \qquad \underset{1}{d}x^r = 0, \qquad \underset{2}{d}x^r = 0, \qquad \underset{12}{\Delta}x^r = 0.$$

Alors les deux déplacements $\underset{1}{d}, \underset{2}{d}$ engendrent un parallélogramme dans X^m_n dont le point final peut être confondu avec son point initial par le déplacement le long du vecteur

$$-\underset{12}{\Delta}x^\lambda = \underset{21}{\Delta}x^\lambda.$$

C'est précisément le vecteur qui complète le parallélogramme considéré en un cycle fermé duquel nous allons nous servir pour définir la courbure. Enfin, si nous écrivons

$$-A^k_\lambda\, \underset{12}{\Delta}x^\lambda = -\underset{12}{\Delta}^k = \underset{21}{\Delta}^k,$$

([1]) J.-A. Schouten, *loc. cit.*

([2]) Voir mon travail : *Ueber die Formeln für die allgemeine lineare Uebertragung*... (*Nieuw Archief v. Wisk.*, 15, 1927, p. 193-201).

les équations (1) deviennent en vertu de (2) :

(3) $$\underset{12}{\Delta} x^e = \Pi^e_{bd}\, \underset{1}{dx^b}\, \underset{2}{dx^d} - \underset{21}{\Delta^e}, \qquad \underset{21}{\Delta^r} = \Pi^r_{bd}\, \underset{1}{dx^b}\, \underset{2}{dx^d}.$$

Supposons maintenant, qu'on introduise dans X_n une connexion linéaire quelconque, définie par les coefficients $\Gamma^\nu_{\lambda\mu}$, $\Gamma'^\nu_{\lambda\mu}$. Si l'on désigne par Λ^k_{ij}, Λ'^k_{ij} les coefficients de cette connexion, exprimée au moyen des paramètres non holonomes x^k (1), c'est-à-dire si l'on pose

(4) $$\nabla_i v_k = \partial_i v^k + \Lambda^k_{ij} v^i\, dx^j, \qquad \nabla_i w_j = \partial_i w_j + \Lambda'^k_{ij} w_k\, dx^j,$$

la connexion non holonome, induite (2) dans la X^m_n par la connexion donnée, est définie par les coefficients Λ^c_{ab}, Λ'^c_{ab} (3).

Cela posé, nous nous proposons de calculer le changement $\underset{12}{\mathfrak{S}} v^c$ d'un vecteur v^c ($v^r = 0$) situé dans X^m_n, qu'il éprouve pendant une circulation autour de notre cycle fermé. Si le symbole $\underset{12}{D} v^c$ désigne le changement, éprouvé par le même vecteur pendant le déplacement le long du parallélogramme engendré par $\underset{1}{dx^b}$, $\underset{2}{dx^d}$, le changement total $\underset{12}{\mathfrak{S}} v^c$ s'obtient en ajoutant à $\underset{12}{D} v^c$ le changement que le vecteur v^c éprouve en revenant du point final du parallélogramme à son point initial le long du vecteur $\underset{21}{\Delta^k}$. Alors on a évidemment

$$\underset{12}{\mathfrak{S}} v^c = \underset{12}{D} v^c + \nabla_k v^c \underset{21}{\Delta^k},$$

d'où l'on tire par un calcul facile, en tenant compte de (3) et (4),

(5) $$\begin{cases} \underset{12}{\mathfrak{S}} v^c = R_{bda}^{\cdot\cdot\cdot c} v^a\, \underset{1}{dx^b}\, \underset{2}{dx^d}, \\ R_{bda}^{\cdot\cdot\cdot c} = 2\partial_{[d}\Lambda^c_{|a|b]} + 2\Lambda^c_{f[d}\Lambda^f_{|a|b]} + \Lambda^c_{ak}\Pi^k_{bd}. \end{cases}$$

Nous arrivons donc à définir l'affineur (5) comme la *quantité de courbure* de la X^m_n. Par le même raisonnement, appliqué à un vecteur covariant w_a, on parvient à l'équation

$$\underset{12}{\mathfrak{S}} w_a = - R'^{\cdot\cdot\cdot c}_{bda} w_c\, \underset{1}{dx^b}\, \underset{2}{dx^d},$$

où la quantité $R'^{\cdot\cdot\cdot c}_{bda}$ résulte de (5) en remplaçant les Λ^c_{ab} par Λ'^c_{ab}.

---

(1) HORAK, *loc. cit.*

(2) La dérivée covariante d'un affineur dans X^m_n est égale à la X^m_n–composante de la dérivée covariante dans X_n; voir M. Schouten (*loc. cit.*).

(3) Voir mon travail tchèque : *Sur une généralisation de la notion de variété* (*Publications de la Faculté des sciences de l'Université Masaryk*, Brno, n° 86, 1927, p. 2).

Si X_n devient une A_n, (5) se réduit à l'affineur défini comme courbure de la A_n''' par M. Schouten (1) et pour une variété holonome les $R_{bda}^{\cdot\cdot\cdot c}$, $R_{bda}^{\prime\cdot\cdot\cdot c}$ prennent la forme donnée par l'auteur (2).

GÉODÉSIE. — *Sur quelques déterminations de la déviation de la verticale au moyen de l'astrolabe à prisme.* Note (3) de M. L. **Pirot**, présentée par M. P. Helbronner.

Dans une Note précédente (4), nous avons publié la valeur de la déviation du fil à plomb à Basse-Terre (Guadeloupe), déduite de nos observations à l'astrolabe à prisme au cours de la croisière du *Lamotte-Picquet*. Nous donnons ci-dessous les résultats de quelques autres déterminations de déviation de la verticale, en des points où les coordonnées géodésiques présentaient de suffisantes garanties d'exactitude.

1. *Fort-de-France* (Martinique). — La déviation de la verticale résultant du rapprochement de la position donnée pour le mât de signaux du Fort Saint-Louis par le plan n° 3782 du Service hydrographique de la Marine avec celle déterminée par deux séances d'observations à l'astrolabe, est de 10″,6 au N 32 W.

L'examen de la carte montre que le système orographique de l'île au Nord et aux environs de Fort-de-France est extrêmement tourmenté. Le centre de gravité de la masse agissant sur le fil à plomb semble être un peu au sud des Pitons du Carbet, au N 25 W et à 9km environ du Fort Saint-Louis. Assimilant grossièrement cette masse à un parallélépipède à base carrée de 10km de côté et de 600m de hauteur, et adoptant comme valeur de la déviation spécifique (déviation produite par un volume de 1km3 de matériaux dont le centre de gravité est à 1km) celle qui correspond aux roches volcaniques de densité 3, soit 12″, on en conclut comme déviation :

$$\frac{10 \times 10 \times 0,6 \times 12}{9^2} = 9'' \text{ au N 25 W}.$$

La vérification est assez satisfaisante; mais étant donné qu'en dehors de la déviation spécifique, les éléments de cette formule sont évalués au senti-

(1) *Loc. cit.*
(2) *Loc. cit.*
(3) Séance du 10 décembre 1928.
(4) *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 203.

ment, tout ce que l'on peut dire c'est qu'à Fort-de-France la déviation de la verticale parait normale en intensité et en direction et qu'elle est de 8 à 10″ vers le NNW.

2. *Pernambouc* (Brésil). — Par rapport à la position donnée par le plan n° 4275, la détermination astronomique obtenue en deux séances d'observations à l'astrolabe fait ressortir une déviation de la verticale de 2″,3 vers le N 74 E.

3. *Lorient*. — Pour Lorient, Quiberon et Brest, les positions géodésiques sont tirées de la « Triangulation de Brest à la Loire » de l'ingénieur hydrographe en chef de la Marine La Porte. Ces positions n'ont d'ailleurs pas été utilisées telles quelles. Nous leur avons appliqué les corrections des tables calculées par le Service géographique de l'Armée, permettant de tenir compte, pour l'ensemble du réseau géodésique français, de la variation des éléments de départ (latitude de l'Observatoire de Paris et azimut du côté Panthéon-Belle-Assise) et de la substitution de l'ellipsoïde de Clarke à celui des ingénieurs géographes. Compte tenu de ces corrections, la comparaison des coordonnées géodésiques et des coordonnées astronomiques de la tour du Port de Lorient fait ressortir comme déviation du fil à plomb 3″, 7 vers le N 20 E.

Pour peu importante qu'elle soit en valeur absolue, cette attraction n'en apparaît pas moins comme anormale, eu égard aux conditions orographiques de la région.

La triangulation d'où est tirée la position géodésique présentant les plus sérieuses garanties d'exactitude — surtout en ce qui concerne la latitude que nous considérons particulièrement ici — il faut se résoudre à admettre l'existence d'un accident géologique local comme cause de la déviation du fil à plomb dans le méridien, à Lorient : vraisemblablement, présence dans le sous-sol, au Nord et à distance modérée, de masses importantes de matériaux géologiques de forte densité.

4. *Quiberon*. — Le rapprochement des coordonnées géodésiques, corrigées comme il a été indiqué plus haut, et des coordonnées astronomiques déterminées à l'astrolabe, donne, comme déviation de la verticale, 4″ vers le N 24 E.

En raison de la moindre précision de la détermination astronomique, on peut dire que la déviation est la même qu'à Lorient, et les considérations développées plus haut quant à la cause de cette valeur d'apparence anormale amènent à la même conclusion.

5. *Brest*. — La déviation déduite de nos observations est de 7″ vers l'Est.

Cette valeur de la déviation suivant la perpendiculaire paraît forte, en l'absence de tout accident orographique visible d'importance adéquate. Nous retrouvons là — et même notablement accentuée — l'anomalie constatée à Lorient et à Quiberon. Même en faisant état de la moindre précision vraisemblable de la coordonnée géodésique longitude, il apparaît comme certain qu'à Brest la verticale est déviée de plusieurs secondes vers l'Est. A Lorient et à Quiberon, elle l'était vers le Nord d'une quantité du même ordre de grandeur. La masse de matériaux géologiques de forte densité que nous avons assignée comme cause à ces déviations paraît donc s'étendre sur toute la péninsule armoricaine et, pour tout dire, en former l'ossature profonde. Des déterminations de la déviation de la verticale dans le nord de la Bretagne, vers Lannion et Saint-Brieuc, par exemple, ne manqueraient pas de fournir d'intéressants documents pour l'étude de cette question. Les circonstances vont probablement nous mettre à même de les réaliser.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Les associations moléculaires. Relations entre la viscosité des mélanges liquides binaires et la polarité des molécules des constituants.* Note [1] de M. **J. Errera**, présentée par M. Brillouin.

Nous avons montré dans une Note précédente [2] que l'on peut distinguer deux espèces d'associations moléculaires : 1° l'association moléculaire dipolaire due aux forces des dipôles permanents de molécules dipolaires pour lesquelles on tiendra compte de la situation occupée par le dipôle à l'intérieur de la molécule et de la forme de la molécule; 2° l'association moléculaire non polaire ou homopolaire due à des forces comparables à celles par lesquelles on explique actuellement la formation de certaines molécules homopolaires.

Le matériel expérimental se rapportant aux viscosités des mélanges liquides binaires se trouve résumé dans le travail de Erk [3] et exposé avec grande clarté dans le livre de Hatschek [4]. Les courbes des valeurs des viscosités à température constante, en fonction de la concentration, sont soit des lignes droites, soit des courbes concaves avec ou sans minimum, soit des courbes convexes avec ou sans maximum (voir figure 1 de la Note

(1) Séance du 10 décembre 1928.

(2) J. Errera, *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 727.

(3) Erk, *Table de Landolt-Börnstein*, premier supplément, 1927, p. 105.

(4) E. Hatschek, *The Viscosity of liquids*, London, G. Bell, 1928.

précédente). La difficulté fondamentale, comme le fait ressortir Hatschek, est que la fonction qui relie la viscosité à la concentration, dans le cas d'une solution idéale, n'est pas connue. Pour les tensions de vapeur et les polarisations, nous avons vu que lorsque la dilution est idéale, leurs variations sont des lignes droites. Pour les viscosités, même lorsque tous les arguments physico-chimiques concourent à faire croire que la dilution est idéale, la courbe est souvent légèrement concave.

Donnons tout de suite les conclusions auxquelles nous sommes arrivé : 1° lorsque les molécules des deux composants sont non polaires, ou l'un des composants dipolaire et l'autre non polaire, la courbe des viscosités, si elle n'est pas une ligne droite, est toujours *concave;* 2° lorsque cette même courbe est *convexe*, les deux composants sont toujours dipolaires. Les courbes de viscosité pour les gaz dissous dans un liquide confirment ces deux règles. Nous exposerons à un autre endroit le détail de ces résultats, mais nous pouvons dire que les exceptions apparentes à la première règle s'expliquent soit par la formation de nouvelles molécules (combinaisons chimiques), soit par des phénomènes de démixtion lorsque les liquides sont partiellement miscibles.

Ces résultats confirment avec un matériel expérimental différent, notre première Note sur l'association moléculaire : lorsque les molécules des deux composants sont dipolaires, il peut se former des associations dipolaires 1-2 qui ont pour résultat d'augmenter la viscosité du milieu, d'où les courbes convexes, ce qui peut s'expliquer par les forces relativement grandes des dipôles entre eux. De même que dans une molécule hétéropolaire, à l'état solide par exemple, on considère que ce sont les forces entre ions qui sont la cause de la solidité du cristal, de même dans un liquide dipolaire, les forces entre dipôles ont pour résultat que les molécules s'influent entre elles : elles se tiennent l'une l'autre, d'où augmentation de la viscosité et diminution de la tension de vapeur par rapport aux corps purs. Lorsque la courbe convexe a un maximum, celui-ci correspond souvent, surtout s'il est pointu, à l'existence d'une combinaison chimique, dont on peut prouver l'existence par d'autres méthodes physico-chimiques. L'association des dipôles correspond donc à un rapprochement de molécules qui est intermédiaire entre celui constaté lorsqu'il y a indifférence et celui qui se produit lorsqu'il y a combinaison chimique. C'est ce qui explique que, même lorsque l'un des constituants est non polaire, il y a une courbe convexe des viscosités lorsqu'il y a formation de combinaison chimique (exceptions à la règle 1). Tous les mélanges binaires de corps dipolaires ne

donnent pas des courbes de viscosité convexes, ce qui peut s'expliquer en disant que, pour ces composés, il ne se forme pas de composés d'addition 1-2.

Lorsque les molécules des deux constituants sont non polaires, les courbes sont des droites ou des courbes concaves. Cette allure peut être rapportée soit à des cas de dilution idéale, soit à la désassociation des molécules non polaires qui à l'état pur, comme nous l'avons vu, peuvent être associées. De même que dans le cas des molécules homopolaires, à l'état solide par exemple, les forces entre les atomes dans la molécule sont beaucoup plus grandes que celles qui règnent entre les molécules, de même dans l'association moléculaire non polaire, les forces entre molécules sont faibles. La dilution a une influence désassociante en écartant les molécules les unes des autres, les molécules se tiennent moins entre elles, d'où diminution de la viscosité et augmentation de la tension de vapeur. Il en est de même lorsque l'on dilue un composé polaire dans un autre non polaire.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Champ magnétique et mouvement brownien.* Note [1] de MM. **A. Turpain** et **de Bony de Lavergne**, présentée par M. Perrin.

En mettant en œuvre le dispositif d'ultramicroscope décrit dans une Note précédente [2] nous avons pu reconnaître qu'un champ magnétique peut, *dans certaines conditions*, influencer le mouvement brownien.

Ayant placé entre les mâchoires d'un puissant électro-aimant (type de M. Weiss) un de nos dispositifs ultramicroscopique, lequel permet de rapprocher les pôles magnétiques à $1^{mm},5$ l'un de l'autre, nous avons observé que le développement d'un champ magnétique très intense n'avait aucune action sur le mouvement brownien d'une émulsion disposée sur l'ultramicroscope. Des émulsions de gomme gutte, de bleu de Prusse, d'hydrate d'oxyde de fer, de jaune de chrome, de rouge de Venise, de vermillon, présentant toutes très nettement le mouvement brownien, ne paraissent nullement influencées par l'établissement du champ. Les substances émulsionnées sont des couleurs d'aquarelle.

Il est indispensable de bloquer *très exactement* la lame de laiton fixant la petite

(1) Séance du 3 décembre 1928.
(2) *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 1605.

sphère de verre de l'ultramicroscope entre les pièces polaires de l'électro-aimant. Cette lame de laiton, de $2^{mm},5$ de largeur seulement, porte de part et d'autre de la sphère de verre, et à un niveau légèrement supérieur, deux coins de fer brasés au laiton, le tout soigneusement aplani. Ce sont ces coins de fer, de 1^{mm}, destinés à concentrer le champ magnétique (30000 gauss environ) que les pièces polaires de l'électro-aimant compriment. On s'assure que le tout reste indéformable lors de l'établissement du champ. Pour cela, en l'absence de toute émulsion, on met au point la surface de la sphère de verre. L'établissement du champ ne doit en rien troubler cette mise au point. C'est alors que les émulsions sont examinées à l'ultramicroscope.

Dans ces conditions, la présence fortuite, dans le champ à fond noir ultramicroscopique, d'une particule (que nous reconnûmes ultérieurement être une très fine limaille de fer) nous permit, en décembre 1924, d'observer que l'établissement du champ magnétique déterminait la précipitation des grains d'une émulsion de bleu de Prusse, grains animés du mouvement brownien, sur la particule de fer, laquelle se maintenait dans le champ magnétique, probablement par suite de ses très faibles dimensions (la plus grande de ces dimensions, mesurée au micromètre, s'élevait à $0^{mm},01$ au plus).

Pour répéter cette observation très nette, nous avons dû chercher un dispositif expérimental qui nous permît : 1° de placer assez commodément dans le champ ultramicroscopique une limaille assez fine et qui y demeure sans déplacement lors de l'établissement d'un champ magnétique intense; 2° de disposer sur cette limaille l'émulsion à examiner dont les grains soient animés du mouvement brownien.

Une lame de laiton de 2^{mm} de largeur, portant des coins de fer qui y sont brasés, est très légèrement creusée d'une petite gouttière dans le sens perpendiculaire aux lignes de force du champ magnétique, gouttière de profil rectangulaire et qui n'a pas plus de $\frac{2}{10}$ de millimètre de profondeur. La sphère de l'ultramicroscope affleure cette gouttière, laquelle sert à guider de très minces bandes de mica ou de verre découpées à la machine à diviser dans de très minces lames de couvre-objet. La lame de mica reçoit vers une extrémité la particule de fer a, laquelle est choisie parmi les plus petites de celles restées adhérentes aux extrémités d'un petit aimant permanent trempé dans de la fine limaille, puis violemment choqué. On fixe cette lame de mica sur la calotte sphérique de l'ultramicroscope au moyen d'une très petite gouttelette d'eau, la particule a vers le haut. On vise et met au point cette particule de fer, puis, relevant le corps du microscope, on dépose une gouttelette d'émulsion de bleu de Prusse, par exemple, sur une petite lamelle de verre ($1^{mm},5 \times 6^{mm}$), qu'on retourne et dont on coiffe a. On met au point. On constate le mouvement brownien. L'établissement du champ magnétique détermine une migration très active des particules animées du mouvement brownien vers a, ces particules se déplaçant d'autant plus vite qu'elles sont plus grosses. Cette migration dégarnit bientôt de grains de bleu de Prusse toute la zone autour de la particule de fer. Si l'on supprime le champ

magnétique, cette zone se repeuple de grains animés de mouvements browniens. Un nouvel établissement du champ produit une nouvelle raréfaction.

1° Nous avons constaté que les émulsions de bleu de Prusse, d'hydrate d'oxyde de fer, de jaune de chrome, de rouge de Venise présentent en face d'une particule de fer les mêmes phénomènes de migration vers la particule *a*.

Par contre, les émulsions de gomme gutte, de vermillon, à grains agités de mouvements browniens, restent insensibles à l'action d'une particule de fer maintenue dans le champ magnétique, que ce champ magnétique soit ou non établi.

Des particules de nickel, de cobalt, de chrome se comportent de même que celles du fer.

L'agitation brownienne paraît plus active en l'absence du champ magnétique que sous l'influence du champ.

On peut simplifier un peu le mode expérimental en construisant un ultramicroscope dont la sphère de verre soit scellée à la lame de laiton qui la supporte. On supprime alors la lamelle de mica, et ayant fixé la particule *a* de métal magnétique (Fe, Ni ou Co) à l'extrémité d'une étroite lamelle de verre, on y dépose, sur *a* même, une gouttelette d'émulsion, on retourne le tout et l'on applique sur la sphère de verre le liquide en contact avec la sphère. On peut encore déposer la particule *a* sur la sphère, y ajouter une goutte d'émulsion et observer par immersion.

Une solution à $\frac{1}{100}$ d'acide chromique et une solution au $\frac{1}{100}$ de sulfate de fer étant mélangées dans la proportion de 1 partie de la première et $\frac{1}{4}$ de la seconde, on constate qu'au bout de quelques minutes ce mélange se trouble. Examiné à l'ultramicroscope ce mélange montre bientôt la formation de grains qui sont aussitôt animés de mouvements browniens. Ces mouvements persistent pendant environ 20 minutes. Peu à peu les grains s'agglomèrent en chapelet continuant à présenter le mouvement brownien, puis, lorsque les chapelets sont assez grossis, ils tombent au fond de la préparation et se collent à la lamelle inférieure ne présentant plus de mouvements browniens.

Si l'on répète la même expérience, et qu'en plus on fasse agir le champ magnétique, on constate que le champ magnétique active l'agglomération des grains et leur précipitation sur la lamelle inférieure. Une partie du mélange, soustraite à l'action du champ magnétique, montre encore l'existence de mouvements browniens dont les grains ou les chapelets de grains restent animés, alors que la partie du même mélange qui a été soumise à un champ magnétique ne présente plus aucun mouvement brownien.

PHYSIQUE. — *Sur la cohésion diélectrique des gaz rares.* Note de MM. **Maurice Curie** et **Adolphe Lepape**, transmise par M. Charles Moureu.

1. E. Bouty a introduit dans l'étude de la conductibilité électrique des gaz la notion de *cohésion diélectrique* (¹). Cette constante caractéristique de chaque gaz est définie ainsi. Le gaz étant contenu dans un ballon plat, en verre, placé entre les armatures d'un grand condensateur, on mesure le champ électrique y qui provoque le passage de l'effluve dans le gaz, en fonction de la pression p. Pour des pressions suffisamment élevées, la courbe $y = f(p)$ admet une asymptote rectiligne

$$y = b + ap.$$

b dépend de la paroi; a, au contraire, est une constante caractéristique du gaz, c'est la cohésion diélectrique $\left(a = \lim \frac{dy}{dp} \text{ pour } p \text{ croissant}\right)$.

En ce qui concerne les gaz rares, Bouty n'avait pu examiner que l'hélium, le néon et l'argon. Nous avons repris ces mesures dans des conditions différentes de champ électrique, et nous les avons complétées par l'étude du krypton et du xénon.

2. *Méthode de mesure.* — Nous avons opéré en champ alternatif, au lieu d'employer, comme Bouty, une batterie de petits accumulateurs. Les armatures du condensateur étaient réunies aux pôles secondaires d'un transformateur dont le circuit primaire était branché en potentiomètre sur une résistance alimentée par le courant de la ville (50 périodes). Le rapport de transformation était environ 150. Un voltmètre à plusieurs sensibilités, branché sur le primaire du transformateur, permettait d'évaluer la différence de potentiel entre les plateaux du condensateur, après étalonnage à l'aide d'un électromètre absolu d'Abraham-Lemoine, chargé à la tension de crête, au moyen d'un kénotron.

Nous avons adopté, pour le ballon à gaz et le condensateur, les dimensions indiquées comme les plus favorables par Bouty. Le gaz était enfermé dans un ballon plat (en verre pyrex paraffiné extérieurement) de $5^{cm},6$ d'épaisseur et 8^{cm} de diamètre. Le ballon était en relation avec une trompe à mercure, permettant de faire varier la pression du gaz, par l'intermédiaire d'un tube desséchant à anhydride phosphorique et il se trouvait au centre d'un grand condensateur plan de 32^{cm} de diamètre renfermé lui-même dans une boîte en présence d'un desséchant.

3. *État de pureté des gaz.* — Après avoir subi une purification chimique soignée suivant la méthode de Moureu et Lepape, chaque gaz était soumis à une série de frac-

(¹) Nombreux Mémoires parus dans divers Recueils de 1899 à 1921.

tionnements sur du charbon de coco refroidi, pour en séparer les autres gaz rares. Les quantités importantes de krypton et de xénon purs (250^{cm^3}) exigées par ces mesures ont été préparées par la méthode de l'un de nous ([1]), avec le concours de la Société d'Éclairage et d'Applications électriques d'Arras. Nous estimons à moins de $\frac{1}{10000}$ les proportions de gaz ordinaires et à moins de $\frac{1}{1000}$ celle des autres gaz rares qui pouvaient rester dans chacun des gaz étudiés.

4. *Résultats.* — D'une manière générale, les mesures conduisent à des points se classant convenablement le long d'une droite, depuis quelques centimètres de mercure jusqu'à la pression atmosphérique. Cependant pour l'argon, même spécialement purifié, les mesures sont défectueuses. Le chiffre donné ici pour la cohésion diélectrique ne doit donc être retenu qu'à titre d'indication et de limite supérieure. Bouty avait également observé des anomalies avec ce gaz et conclu à une cohésion diélectrique inférieure à celle publiée antérieurement. Nous comptons d'ailleurs reprendre l'étude de l'argon.

Voici les valeurs obtenues pour la cohésion diélectrique à 17°, l'unité de champ étant le volt par centimètre et l'unité de pression, le centimètre de mercure.

	Cohésion diélectrique à 17°.		Potentiels d'ionisation		Potentiel de résonance
Gaz.	Curie-Lepape.	Bouty ([2]).	simple.	double.	(minimum).
			volts		volts
2. He	19,8	18,3	24,5		19,8
10. Ne	6,3	5,6	21,5	54	16,5
18. Ar	18 (?)	38 (?)	15,2	34	11,5
36. Kr	41,4		12,7	28,2	9,7
54. Xe	131,2		10,9	24,2	8,9
Air	398	418			

5. *Conclusion.* — On remarque d'abord un minimum de la cohésion diélectrique pour le néon; mais il convient d'envisager à part l'hélium, la structure de ses atomes étant particulière. Dans la série Ne, Ar, Kr, Xe, la cohésion diélectrique croît avec le nombre atomique, alors que le potentiel d'ionisation décroît.

Le passage de la décharge électrique dans un gaz implique l'ionisation, et si les gaz rares se laissent facilement franchir par la décharge, c'est à cause de l'élasticité des chocs des particules électrisées (électrons et ions) sur

(1) A. Lepape, *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 231.
(2) E. Bouty, *Ann. de Phys.*, 16, 1921, p. 33.

leurs atomes normaux. Toutefois, des chocs non élastiques ou des échanges énergétiques exceptionnels se produisent dès que la particule électrisée peut amener l'atome rencontré en état de résonance. Le potentiel de résonance décroît du néon au xénon, la dissipation de l'énergie des particules électrisées se trouve donc favorisée en sens contraire. C'est pourquoi, selon nous, la cohésion diélectrique augmente avec le nombre atomique. La comparaison des potentiels de résonance et d'ionisation montre cependant que cette explication est insuffisante et qu'il convient de faire intervenir le libre parcours des particules électrisées au milieu des atomes normaux dans chacun des gaz. Ce dernier point sera examiné dans un Mémoire plus étendu.

PHYSIQUE GÉNÉRALE. — *Sur quelques difficultés dans l'émission spontanée de radiation.* Note (¹) de M. **L. Goldstein**, présentée par M. M. de Broglie.

I. Il semble qu'il y ait une sorte d'incompatibilité entre les deux notions fondamentales d'état *stationnaire* dans le sens de Bohr-Sommerfeld et de changement *spontané* de configuration atomique. En effet, la théorie des quanta sous sa première forme (déjà classique) conduit à l'existence d'états énergétiques discontinus, dit *stationnaires*, caractérisés par un Hamiltonien. Si l'on suppose alors l'atome de Bohr-Sommerfeld mis à l'abri, d'une manière idéale, de toutes actions perturbatrices extérieures, l'état stationnaire devait subsister *indéfiniment*, la structure attribuée à cet atome ne comportant aucune cause interne pouvant donner lieu à un changement *spontané* de configuration.

Inversement, si l'on adopte l'existence des coefficients de probabilités de passages spontanés introduits par Einstein et exigés, d'une part, par la formule immuable de Planck et, d'autre part, par la relation du quantum même, lui donnant en quelque sorte une raison d'être, la notion d'état stationnaire vient de se heurter contre celle des passages spontanés, caractérisés par les coefficients A_n^m, constantes atomiques au même titre que la fréquence $\nu(mn)$ du rayonnement émis dans le passage.

II. La difficulté existe encore dans la Mécanique ondulatoire sous sa forme de de Broglie-Schrödinger ou sous celle plus abstraite de Dirac.

(¹) Séance du 10 décembre 1928.

La précision immédiate qu'apporte la théorie dans l'émission (ou l'absorption) de radiation consiste en ce que le phénomène est complètement déterminé par les deux états (initial et final) qui coexistent dès l'amorcement jusqu'à la fin du changement, contrairement à la théorie classique où l'état initial seul dirigeait l'évolution. Dans la pseudo-matrice

$$\| \nu_j^{(\lambda)} \| \qquad (\lambda = 1, 2, \ldots, Z; j = 1, 2, \ldots, \infty),$$

que la mécanique ondulatoire suggère d'adjoindre (1) à un atome de numéro atomique Z, deux fréquences ν_m^{λ} et ν_n^{λ} entrent en battement dans l'émission de $\nu(mn)$.

La notion d'état stationnaire (tout en restant en vogue comme locution) a presque disparu; elle est remplacée par des probabilités définies par les amplitudes constantes ou fonctionnelles, leur ensemble caractérisant l'atome même est tel que

$$\Psi(x) = \Sigma_k a_k \Psi_k(x),$$

les $\Psi_k(x)$ étant des solutions de l'équation

$$(H - W_k)\Psi_k(x) = 0.$$

Cette indétermination lève l'incompatibilité (2) qui semble exister dans la théorie classique des quanta, mais elle n'apporte guère de précisions sur la possibilité de l'émission spontanée de rayonnement. Elle ne renseigne pas sur une cause interne résidant dans la structure atomique et qui provoquerait le battement de deux termes de la pseudo-matrice $\| \nu_j^{(\lambda)} \|$.

Ces difficultés ne s'éliminent guère dans l'analyse de M. Dirac (3) qui, le premier, tient compte de la réaction de l'atome sur la radiation. Le champ de rayonnement considéré comme un système dynamique, avec l'Hamiltonien

$$H = \Sigma_i N_i h \nu_i,$$

et les constituants de coordonnée et moment conjugué φ_k (phase) et $E_k = N_k h \nu_k$ respectivement, conduit aux coefficients A_n^m en admettant *a priori* la résonance de deux termes de $\| \nu_j^{(\lambda)} \|$. *La raison physique intime d'une possibilité d'émission spontanée n'existe pas dans les structures atomiques envisagées jusqu'à présent.*

---

(1) *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 715.

(2) M. Louis de Broglie avait attiré mon attention sur ce point.

(3) P.-A.-M. Dirac, *Proc. Roy. Soc.*, 114, 1927, p. 241 et 710.

ONDES ÉLECTROMAGNÉTIQUES. — *Effet du champ magnétique sur la résistance électrique d'un contact.* Note (¹) de M. **J. Cayrel**, présentée par M. G. Ferrié.

J'ai soumis à l'action magnétique d'un champ magnétique d'environ 20000 gauss différents contacts conducteurs en vue de mettre en évidence un effet du champ sur la résistance de contact.

Le contact intercalé dans l'une des branches d'un pont de Wheatstone était placé entre les pièces polaires d'un électro-aimant de Weiss de façon que les lignes de courant fussent perpendiculaires au champ. L'entrefer mesurait environ 1^{cm}; l'intensité du champ magnétique était déterminée par la méthode de la boucle à l'aide d'un balistique. Les fluctuations à peu près inévitables des résistances de contact empêchant d'utiliser au mieux la sensibilité du pont, on ne pouvait mettre en évidence avec certitude une valeur de $\frac{\Delta R}{R}$ inférieure a $\frac{1}{1000}$.

Le résultat des mesures a été négatif pour les contacts galène-argent, galène-bismuth, pyrite de fer-argent, pyrite de fer-bismuth $\left(\text{si l'effet existe chez ces contacts, } \frac{\Delta R}{R} \text{ est donc inférieur à } \frac{1}{1000} \text{ pour un champ de 20400 gauss}\right)$. Il a été positif pour le contact bismuth-bismuth ainsi que le montre le tableau (²) ci-dessous :

$$R = 9,90\,\omega, \quad \Delta R = 1,00\,\omega, \quad \frac{\Delta R}{R} = 0,101,$$

$$R = 37,40\,\omega, \quad \Delta R = 1,90\,\omega, \quad \frac{\Delta R}{R} = 0,051,$$

$$R = 141\,\omega, \quad \Delta R = 3,00\,\omega, \quad \frac{\Delta R}{R} = 0,021,$$

$$\mathcal{H} = 20400 \text{ gauss}.$$

On voit que plus la résistance R du contact est grande, plus $\frac{\Delta R}{R}$ est petit. Dans tous les cas l'effet observé est très inférieur à celui que présente

(¹) Séance du 10 décembre 1928.

(²) Malgré les précautions qui étaient prises pour éviter la cohération du contact lors de la fermeture et de la rupture du courant de l'électro-aimant il est presque impossible ave Bi-Bi d'expérimenter sur des contours de résistance supérieure à une centaine d'ohms en raison de leur instabilité et surtout de leur extrême cohérabilité.

un conducteur massif puisque pour le bismuth en fil et un champ de 20000 gauss $\frac{\Delta R}{R}$ est de l'ordre de 80 pour 100. D'ailleurs plus la résistance de contact est faible, plus le contact est intime, et plus la constitution de la couche de passage doit se rapprocher de celle du métal homogène; il est donc naturel, de ce point de vue, que $\frac{\Delta R}{R}$ augmente quand R diminue.

Rappelons que Houllevigue ([1]) signala dès 1903 l'absence d'effet du champ magnétique ([2]) sur des films de bismuth obtenus par projection cathodique et en conclut que l'effet résisto-magnétique présenté par le métal massif devait être attribué à sa texture cristalline.

ONDES ÉLECTROMAGNÉTIQUES. — *Sur les ondes très courtes.* Note ([3]) de M. **G.-A. Beauvais**, présentée par M. G. Ferrié.

L'émission de ces ondes courtes (16 à 20^{cm}) a été réalisée par le montage indiqué par M. Pierret dans les *Comptes rendus* du 11 juin 1928, et notamment par celui comportant l'emploi de disques coulissant sur des tiges reliées aux électrodes.

La réception de ces ondes a été réalisée au moyen d'un montage identique à celui de l'émetteur, à cela près que la tension de grille y est moindre (une centaine de volts par exemple) et le chauffage du filament moins poussé. Le téléphone, ou mieux un amplificateur basse fréquence, est disposé dans le circuit filament-plaque, celle-ci étant faiblement polarisée par rapport au filament.

En alimentant l'émetteur, soit en courant alternatif à fréquence musicale, soit en continu modulé, il a été très aisé avec le récepteur précédent (de même que M. Pierret l'avait fait autrement) de mettre en évidence, par variations d'intensité de son, un grand nombre d'ondes stationnaires. Il suffit pour cela de déplacer un écran métallique derrière l'émetteur ou le récepteur.

Si l'on place un obstacle entre l'émetteur et le récepteur, les ondes sont arrêtées et le récepteur devient muet. On peut alors faire réapparaître la réception en plaçant quelque part un miroir convenablement orienté, sur

([1]) Houllevigue, *Comptes rendus*, 135, 1903, p. 626.

([2]) Le champ utilisé était d'environ 2000 gauss.

([3]) Séance du 10 décembre 1928.

lequel les ondes vont se réfléchir, en suivant les lois de l'optique, pour aller frapper le récepteur.

En plaçant l'émetteur au foyer d'un miroir parabolique de 20^{cm} de distance focale et de 120^{cm} d'ouverture, on forme un faisceau d'ondes dirigées ayant une vingtaine de degrés d'ouverture; on peut le constater aisément en dirigeant ce faisceau sur le poste de réception placé au loin et en tournant le miroir jusqu'à ce que la réception disparaisse, ce qui a lieu pour une rotation d'une dizaine de degrés. Lorsque le faisceau n'est plus dirigé sur le poste récepteur et que la réception a disparu, il est possible de la faire réapparaître en plaçant dans le faisceau dévié un miroir métallique plan qui renvoie, suivant les lois de l'optique, le faisceau sur le poste récepteur.

La réception précédemment décrite a pu être rendue beaucoup plus sensible en la transformant en réception à superréaction en alimentant la grille de la lampe T. M. C. sous une tension continue de 250 volts, à laquelle on ajoute la tension alternative produite par un oscillateur haute fréquence, le reste du montage de réception étant inchangé, à l'exception du chauffage du filament qui doit être un peu plus poussé et de la polarisation de la plaque qui doit être amenée à une tension négative convenable. L'augmentation de sensibilité est constatée par le fait qu'on peut augmenter considérablement la distance qu'on peut mettre entre l'émetteur et le récepteur pour reproduire les expériences précédentes.

Il est possible également de faire de la radiotéléphonie avec ces ondes ultra-courtes. Le montage du poste d'émission est le suivant : l'alimentation de la grille de la lampe T. M. C. se fait à travers une self à fer de quelques henrys; une lampe à trois électrodes a sa plaque réunie à la grille de la lampe d'émission des ondes ultra-courtes, tandis que l'espace filament-grille de la triode modulatrice est connecté à la façon habituelle au secondaire d'un transformateur dont le primaire est parcouru par le courant microphonique.

PHOTOCHIMIE. — *Développement après fixage des plaques photographiques inversées ou solarisées.* Note [1] de M. **Henri Belliot**, présentée par M. Jean Perrin.

Dans une précédente Communication [2], j'ai proposé, à partir de la théorie photochimique générale de M. Jean Perrin, une théorie des pro-

---

[1] Séance du 10 décembre 1928.
[2] *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 1463.

cessus de formation et de destruction de l'image latente photographique qui peut se résumer comme il suit : Sous l'action d'une certaine gamme de radiations lumineuses, certaines molécules du sel d'argent contenu dans la plaque sont activées ([1]) et acquièrent les propriétés suivantes : 1° elles peuvent servir de point de départ au développement chimique du grain de matière sensible auquel elles appartiennent. 2° elles sont réductibles à l'état d'argent métallique (noircissement direct) par une autre gamme de radiations chevauchant sur la première, le maximum d'effet étant obtenu pour une longueur d'onde légèrement inférieure à celle qui correspond au maximum d'activation. En même temps, ces molécules perdent leur aptitude à servir de germe de développement chimique (solarisation); 3° elles peuvent être ramenées à l'état ordinaire (inversion), soit par une élévation de température, soit par une troisième gamme de radiations, chevauchant aussi sur la première, et comprise dans le rouge extrême et le début de l'infrarouge.

Essayons de prévoir, à partir de cette théorie, ce que donnera le développement physique après fixage d'une plaque photographique présentant des parties inversées et solarisées. Tout d'abord, l'argent constituant le noircissement direct, pouvant servir de germe de cristallisation, les régions solarisées devront être plus denses que les régions normalement impressionnées, à l'inverse de ce que donne le développement chimique.

Pour prévoir ce que donneront les régions inversées, il faut se demander ce que les molécules activées deviennent sous l'action du fixateur. Deux hypothèses simples se présentent à l'esprit : ou bien le fixateur dissout ces molécules comme des molécules ordinaires, ou bien il les amène à l'état d'argent métallique. Dans le premier cas, seules, les molécules réduites directement par la lumière contribueront à donner l'image définitive, et les images directes ou inverses, données par les radiations rouges et infrarouges, n'y apparaîtront pas. Dans le second cas, au contraire, ces images apparaîtront comme sur un cliché développé avant fixage. Pour trancher la question, une série de plaques (Lumière, étiquette violette) ont été impressionnées de la façon suivante :

1° Sur une région vierge de la plaque, la partie d'un spectre continu limitée par un filtre constitué par un verre rouge à l'oxyde cuivreux (limite, $0^{\mu},58$; temps de pose, une demi-heure).

2° Chevauchant une région préalablement voilée et une région préala-

([1]) Nous ne faisons *a priori* aucune hypothèse sur la nature de cette activation.

blement solarisée, la partie du même spectre limitée par un filtre constitué par une solution aqueuse saturée d'acide picrique (limite, $0^{\mu},487$; temps de pose, une demi-heure).

Certaines de ces plaques ont été développées avec différents révélateurs chimiques (hydroquinone, métoquinone, oxalate ferroso-potassique, paraphénylènediamine); les sens des contrastes ont été les mêmes dans les diffé-

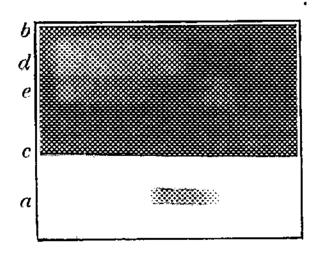


Fig. 1.

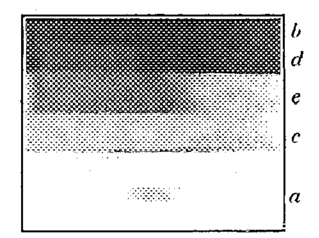


Fig. 2.

rents cas (*fig.* 1) et conformes aux résultats publiés précédemment ([1]). Le développement physique avant fixage a donné sensiblement les mêmes résultats.

D'autres plaques fixées pendant 10 minutes dans une solution aqueuse environ normale d'hyposulfite de sodium et décinormale de bisulfite de sodium commercial ont été développées avec les révélateurs physiques au mercure ([2]) ou à l'argent ([3]) de MM. A. et L. Lumière et Seyewetz. Les résultats, analogues avec le mercure et l'argent, ont été les suivants (*fig.* 2):

1° Les images, directes ou inverses, données par les radiations rouges et infrarouges, sont apparentes, mais moins étendues vers les grandes longueurs d'onde. Ainsi la limite du spectre direct (*a*) est ramenée de $0^{\mu},87$ à $0^{\mu},75$.

2° La région préalablement solarisée (*b*) est plus dense que la région préalablement voilée (*c*); de même, la portion (*e*) du spectre solarisé est plus dense que le fond voilé (*c*).

3° Au contraire, la portion (*d*) du spectre solarisé est moins dense que le fond solarisé (*b*).

Les deux premiers résultats sont conformes à la seconde des hypothèses formées précédemment. Le troisième montre que cette hypothèse est encore

(1) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1609.
(2) *Agenda Lumière* 1926, p. 246.
(3) *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 1765.

insuffisante : les résultats obtenus sont intermédiaires entre ce que donne le développement chimique et ce que prévoyait notre hypothèse, que nous remplacerons alors par la suivante : « Nous admettrons que l'hyposulfite de sodium, qui est un réducteur, étend, des molécules activées à un petit nombre de celles qui les entourent, la réduction à l'état métallique, se comportant ainsi comme un révélateur très faible et très lent ([1]). »

Le seuil de la solarisation est alors reculé, mais non pas infiniment comme l'auraient exigé nos premières hypothèses. Des expériences différentes, faites par d'autres auteurs, notamment M. Luppo Cramer et M. Scheffers ([2]), ont abouti au même résultat et peuvent être interprétées de la même manière.

CHIMIE MINÉRALE. — *Étude expérimentale de la transformation des chromates en bichromates.* Note ([3]) de MM. **E. Carrière** et **P. Castel**, présentée par M. Charles Moureu.

Ostwald (*Zeit. phys. Ch.*, 2, p. 78), Costa (*Gaz. chem. ital.*, 36, p. 535), Sand et Kœstle (*Zeit. anorg. Ch.*, 52, p. 101), Spitalsky (*Zeit. anorg. Ch.*, 54, p. 265), en étudiant par des méthodes différentes les solutions d'acide chromique, sont arrivés à cette conclusion que dans ces solutions se trouve l'acide bichromique et qu'en conséquence il s'établit l'équilibre ionique suivant :

$$2\,\bar{\bar{CrO^4}} + 2\,\bar{\bar{H}} \rightleftharpoons \bar{\bar{Cr^2O^7}} + H^2O.$$

Cependant Abbeg et Cox (*Zeit. phys. Chem.*, 48, p. 725), John Lundberg (*Zeit. anorg. Ch.*, 55, p. 426), Dhar (*Zeit. anorg. Ch.*, 121, p. 99) ont invoqué d'autres équilibres ioniques.

Nous nous sommes proposés d'étudier l'équilibre mentionné par Ostwald et de rechercher si les résultats obtenus pouvaient être expliqués quantitativement.

La méthode suivie consiste à transformer le chromate de baryum insoluble en bichromate de baryum soluble par addition d'acide chlorhydrique titré.

([1]) Plus exactement : comme un bain de développement et fixage simultanés, l'effet révélateur étant extrêmement faible et lent devant l'effet fixateur.

([2]) H. Scheffers, *Z. Physik.*, 20, 1923, p. 109. Résumé dans les *Tables internationales annuelles de Constantes*, 6, 2e partie (1923-1924), p. 1067.

([3]) Séance du 10 décembre 1928.

Cette méthode est basée sur la disparition du louche dû à une faible quantité de chromate de baryum. A l'instant précis où le milieu devient parfaitement clair, par addition d'acide chlorydrique titré, nous admettons que la transformation du chromate en bichromate est complète. Le chromate de baryum est obtenu au moment de faire les déterminations par précipitation d'une liqueur titrée de chromate de potassium par une liqueur équivalente de chrorure de baryum.

Mise en évidence d'un équilibre. — La température étant maintenue constante, ainsi que la concentration en chromate, la concentration en acide chlorhydrique à réaliser pour produire la dissolution du chromate est indépendante du temps employé à l'addition de l'acide, à condition toutefois que ce temps excède une heure quinze minutes.

Influence de la concentration en bichromate de baryum engendré par dissolution. — Les concentrations en chromate de potassium et en chlorure de baryum se correspondent et varient d'un essai au suivant comme les nombres 1, 2, 3, 4, 5 et 6. La température est maintenue constante et égale à 20°. Dans le tableau ci-après figurent les concentrations en chromate de potassium et chlorure de baryum utilisées et les concentrations en acide chlorhydrique à réaliser pour les dissolutions exactes. Nous avons calculé par application de la loi d'action de masse aux ions intervenant dans l'équilibre la concentration en ion hydrogène, c'est-à-dire en acide chlorhydrique à réaliser pour la dissolution exacte; le calcul étant fait à partir d'une concentration expérimentale trouvée prise comme base. L'acide chlorhydrique, comme le bichromate, sont supposés entièrement ionisés aux dilutions où l'on opère. On a

$$(\overset{+}{H})^2 = K\frac{(\overline{Cr^2O^7})}{(\overline{CrO^4})^2}$$

où $(\overset{+}{H})$, $(\overline{Cr^2O^7})$, $(\overline{CrO^4})$ désignent les concentrations des ions $\overset{+}{H}$, $\overline{Cr^2O^7}$, $\overline{CrO^4}$ comme

$$(\overline{CrO^4})(\overset{++}{Ba}) = \text{produit de solubilité du } CrO^4Ba.$$

On peut écrire

$$(\overset{+}{H})^2 = K'(\overline{Cr^2O^7})(\overset{++}{Ba})^2$$

Concentration			
		trouvée	calculée
en $BaCl^2$ $\frac{\text{mol-gr}}{\text{litre}}$.	en CrO^4K^2 $\frac{\text{mol-gr}}{\text{litre}}$.	en HCl $\frac{\text{mol-gr}}{\text{litre}}$.	en HCl $\frac{\text{mol-gr}}{\text{litre}}$.
0,00165	0,00165	0,011	0,016
0,0033	0,0033	0,045	0,045
0,00495	0,00495	0,084	0,083
0,0066	0,0066	0,106	0,127
0,0082	0,0082	0,149	0,177
0,0099	0,0099	0,164	0,234

La concordance cesse d'être bonne pour les concentrations élevées.

Influence d'un excès de chromate de potassium ou d'un excès de chlorure de baryum à 20°. — Les concentrations de l'un des corps par rapport à l'autre varient comme les nombres 1, 1,5, 2, 2,5 et 3. La concordance a été très bonne pour la concentration en acide chlorhydrique à réaliser pour la dissolution exacte et pour la concentration en acide chlorhydrique calculée.

Influence de la température. — Les résultats, obtenus pour des déterminations faites avec des concentrations de 0,0033 $BaCl^2 \frac{\text{mol-gr}}{\text{litre}}$ et 0,0033 $CrO^4K^2 \frac{\text{mol-gr}}{\text{litre}}$, figurent dans le tableau suivant :

Températures	10°.	15°.	20°.	25°.	30°.	35°.	40°.
Concentration en HCl $\frac{\text{mol-gr}}{\text{litre}}$.	0,07	0,058	0,045	0,035	0,025	0,020	0,015

Détermination de la constante de l'équilibre à 18°. — En tenant compte du produit de solubilité du chromate de baryum, qui est égal à 18° à $1,5.10^{-10}$ et en partant des résultats ci-dessus exposés, on trouve que la constante K de l'équilibre

$$K = \frac{(\bar{Cr}\bar{O}^4)^2(\bar{H})^2}{(\bar{Cr}^2\bar{O}^7)}$$

est égale à 3.10^{-15} en prenant $(\bar{H}) = 0,05$, $(\bar{Cr}\bar{O}^4)$ déduit du produit de solubilité égal à $4,5.10^{-8}$ et $(\bar{Cr}^2\bar{O}^7)$ égal à 0,00165.

MINÉRALOGIE. — *Sur les caractères microscopiques des oxydes de manganèse et des manganites naturels.* Note (¹) de MM. **J. Orcel** et **S. Pavlovitch.**

L'étude des caractères microscopiques des oxydes de manganèse et des manganites naturels n'a fait l'objet que d'un petit nombre de travaux (²) dans lesquels les auteurs n'ont pas pris en considération les caractères en lumière polarisée réfléchie. Nous avons repris à ce point de vue l'étude de ces espèces sur une soixantaine de sections polies taillées dans les échantillons de la collection du Muséum.

Les pouvoirs réflecteurs absolus R_g, R_m, R_p, correspondant aux indices principaux, ont été mesurés en lumière blanche à l'aide de la pile photoélectrique (³) soit sur des sections orientées, soit en étudiant divers individus d'un agrégat. Nous avons donné aussi les valeurs de $\rho = R_g : R_p$ et de ω (³). Pour compléter l'examen optique, nous avons déterminé le comportement des espèces étudiées vis-à-vis des réactifs indiqués dans le tableau ci-après en regard des caractères optiques. Nous ajouterons aux données de ce tableau quelques remarques générales.

Les teintes, dans les positions d'éclairement entre nicols croisés, varient avec les espèces du blanc rosé au gris violacé dans une position et du blanc jaunâtre au gris brunâtre dans l'autre position; ces teintes sont d'autant plus claires que ω est plus grand. Les macles polysynthétiques suivant (011) dans la *manganite*, suivant (101) dans la *hausmannite* apparaissent nettement entre nicols croisés. Les cristaux de *polianite* de Platten présentent fréquemment sur leurs bords des groupements réguliers de macles polysynthétiques suivant des faces octaédriques. Parmi les manganites, il faut signaler l'action remarquable sur la lumière polarisée de la *chalcophanite* et la très faible anisotropie de la *braunite*.

L'attaque par $SO^4H^2 + H^2O^2$ et par HCl concentré fait apparaître des zones dans la *polianite* et l'*hétaerolite*, des macles ou des clivages dans la *manganite*, la *hausmannite* ou la *hollandite*.

(¹) Séance du 10 décembre 1928.

(²) Cf. George A. Thiel, *Economic Geol.*, 19, 1924, p. 107-146; Ernest E. Fairbanks, *Americ. Miner.*, 8, 1923, p. 209-210; Esper S. Larsen (*U. S. Geol. Survey*, Bull. 679), a déterminé les caractères optiques en lumière transmise de quelques-uns d'entre eux.

(³) J. Orcel, *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 1141, et 187, 1928, p. 1055; étalons utilisés : blende ou diamant.

Caractères optiques et comportement vis-à-vis des réactifs d'attaque des oxydes de manganèse et des manganites naturels.

	R_g.	R_m.	R_p.	ρ.	ω.	NO^3H 1 : 1.	NO^3H conc.	HCl 1 : 1.	HCl conc.	H^2SO^4 conc.	KCN 20 %.	$FeCl^3$ 20 %.	$SnCl^2$ saturé.	H^2O^2 100 vol.	H^2O^2 + H^2SO^4.
1° *Anisotropes* :															
Polianite......	0,42	»	0,33(*c*)	1,26	3°.18′	—	+	+	+	*t* +	+	*t* +	+	+	+
Manganite.....	0,21*(*c*)	0,18*	0,15*	1,38	4.44	—	—	—	+	—	—	—	+	—	+
Hausmannite...	0,19*	»	0,16*(*c*)	1,19	2.30	—	—	—	+	—	—	—	+	—	+
Hollandite.....	0,37*(*c*)	»	0,28*	1,32	4.	—	—	—	+	*t* —	—	—	+	+	+
Romanèchite...	0,33	?	0,25	1,32	4.	—	—	—	+	+	—	*t* +	+	—	+
Braunite......	0,21*	»	0,20*	1,04	0.34	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Chalcophanite.	0,306	»	0,092(*c*)	3,33	16.58	—	+	—	+	—	+	—	+	*t* —	+
Hétaerolite.....	0,177	»	0,13	1,36	4.24	—	+	+	+	—	—	—	—	—	+
Crednérite.....	0,42?	»	0,30?	1,40	4.50	—	—	*t* —	+	+	—	*t* —	*t* +	+	+
2° *Isotropes* :															
Sitaparite......	»	0,23	(couleur crème clair)			—	+	*t* —	+	—	—	—	+	—	+
Manganosite...	»	0,145	»			+	+	+	+	+	—	+	+	+	+
Césarolite.....	»	0,28	»			—	+	+	+	+	—	— ?	+	+	+
Psilomélane...	»	0,30	»			+	+	+	+	+	—	*t* +	+	+	+

* Mesure faite sur une section orientée dans un cristal isolé; (*c*) désigne l'axe vertical; *t* + ternissure persistante, *t* — ternissure non persistante, après essuyage. Durée de l'attaque : 1 minute.

La *hollandite* et la *romanéchite* sont extrêmement voisines, mais la romanéhite constitue des agrégats de cristaux aciculaires à structure rayonnée ou sphérolitique, tandis que la hollandite forme toujours des agrégats á structure lamellaire ou grenue.

La *césarolite* forme des masses scoriacées isotropes, présentant par places des zones biréfringentes à structure sphérolitique. L'attaque met en évidence des inclusions d'un minéral différent. Ces caractères correspondent assez exactement à ceux de la *coronadite* ([1]).

Le nom de *psilomélane* peut être réservé uniquement aux oxydes de manganèse impurs constituant des gels compacts souvent mélangés avec les espèces cristallisées précédentes.

Outre les espèces bien caractérisées, des noms spéciaux ont été donnés à des mélanges de celles-ci; ils ne doivent pas être conservés; ainsi la *neukirchite*, l'*ébelménite* sont des mélanges de polianite et de psilomélane; dans la *brosténite* la braunite s'associe à ces deux espèces. Dans la *vredenburgite* on voit un mélange de trois minéraux, l'un en agrégats grenus présente tous les caractères de la braunite, le second en fines aiguilles anisotropes dans le précédent possède les caractères de l'hématite, le troisième en petits amas lamellaires et en veinules est de la polianite.

IMMUNOLOGIE. — *Répartition et stabilité des propriétés antigènes de la toxine diphtérique. Rôle des colloïdes non spécifiques.* Note ([2]) de MM. **P. Sédallian, A. Leulier** et Mme **Clavel**, présentée par M. H. Vincent.

I. La propriété antigène de la toxine diphtérique peut se manifester par divers phénomènes : 1° elle confère l'immunité; 2° elle adsorbe l'antitoxine. Nous avons montré ([3]) déjà qu'une toxine diphtérique amenée à pH 4,7 se divisait en deux fragments très différents par leurs propriétés. Dans des travaux antérieurs, Von Groer ([4]) a vu la possibilité d'une floculation acide de la toxine. Nons différencions, dans nos manipulations : 1° un liquide surnageant décanté après centrifugation de la toxine floculée

---

([1]) E. E. Fairbanks, *loc. cit.*

([2]) Séance du 3 décembre 1928.

([3]) Sedallian et Mlle Gaumont, *C. R. Soc. de Biol.*, 97, 1927, p. 93; Leulier, Sedallian et Mlle Gaumont, *C. R. Soc. de Biol.*, 97, 1927, p. 1543; Leulier, Sedallian et Mlle Gaumont, *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 902.

([4]) Von Groer, *Biochemische Zeitschrift*, 138, 1923, p. 13-42.

à pH 4,7, renfermant les protides, les pigments, la généralité des produits du milieu et qui ne possède aucune propriété toxique; 2° une substance floculée constituée par des nucléo-albumines en solution alcaline et qui représente la somme des propriétés immédiatement toxiques de la toxine primitive. La conservation intégrale dans le temps de cette activité exige la présence d'une certaine quantité de peptones.

II. *Les propriétés immunisantes* des substances ainsi isolées sont étudiées par comparaison avec la toxine totale et pour cela leur solution occupe le même volume que celui de la toxine dont elles dérivent. L'atténuation de la toxicité et la révélation consécutive du pouvoir immunisant sont obtenus par l'action conjuguée du formol et de la chaleur. Les animaux immunisés sont des cobayes de 300^{g}. Les injections sont faites à sept jours d'intervalle aux doses de 0$^{cm^3}$,5, 1$^{cm^3}$, 1$^{cm^3}$,5. La recherche de l'immunité s'éprouve 40 à 50 jours après la dernière injection. On constate ainsi que : 1° le liquide surnageant neutralisé ne possède aucune propriété immunisante; 2° le floculat neutralisé, dissous dans l'eau distillée ou l'eau physiologique, ne conserve avec rigueur son pouvoir immunisant que s'il existe à côté de lui de la peptone.

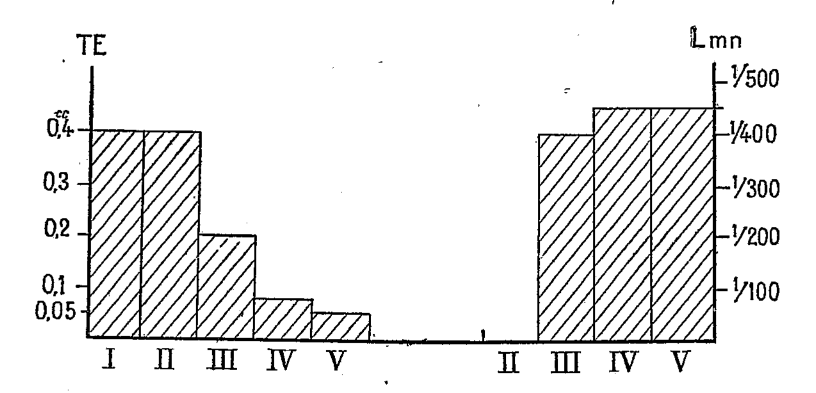
III. La propriété d'adsorber de l'antitoxine a été recherchée dans deux séries d'expériences.

1° La dose limite mortelle du floculat dissous dans l'eau physiologique est notablement inférieure à celle de la toxine, quoique toute la toxicité de cette dernière soit représentée dans le floculat. Mais la dissolution de ce floculat dans du bouillon peptoné augmente notablement sa propriété adsorbante, comme le montre le tableau suivant :

	Lmn.	L+.
		cm³
Toxine totale	1/400	0,25
Floculat dissous dans un volume d'eau égal au volume primitif de la toxine totale dont il est issu	1/380	1,4
Floculat dissous dans un volume de bouillon Martin égal au précédent	1/400	0,6
Liquide surnageant	> 5$^{cm^3}$	

2° En mettant de l'antitoxine en excès en contact avec les substances isolées dans la toxine et en recherchant ensuite l'antitoxine restante, on constate : *a.* que le liquide surnageant ne fixe pas d'antitoxine; *b.* que le floculat n'en fixe qu'une faible partie; *c.* que le floculat dissous en bouillon Martin en fixe presque autant que la toxine étudiée. Nous représentons dans le diagramme suivant (à gauche) la quantité de toxine

étalon (TE) susceptible d'être neutralisée par une dilution de sérum titré et qui a été mise en présence dans quatre expériences parallèles avec : de



l'eau (I), du liquide surnageant (II), du floculat dissous dans l'eau (III), du floculat dissous dans le bouillon Martin (IV), de la toxine totale (V). On figure à droite le pouvoir toxique (L*mn*) des différentes substances étudiées.

Il existe donc dans le bouillon Martin seul, n'ayant pas encore servi à la végétation du bacille, des substances non spécifiques, qui confèrent au floculat des propriétés adsorbantes.

Ehrlich [1] avait constaté autrefois la constance du pouvoir fixateur malgré l'atténuation de la toxicité. Il avait conclu à l'existence de toxones dont la signification a été fortement contestée [2]. On doit se demander si les toxones d'Ehrlich ne seraient pas des colloïdes non spécifiques, mais jouant par rapport à la toxine le rôle de colloïdes protecteurs susceptibles de modifier et d'augmenter son pouvoir absorbant.

La séance est levée à 16h30m.

A. Lx.

---

(1) Ehrlich, *Ueber die Constitution des Diphteriegiftes* (*Deutsche Medicinische Wochenschrift*, 24, xxxviii, 22 septembre 1898, p. 597-600).

(2) Madsen, *Centralblatt f. Bakteriol.*, 34, vii, 1903, p. 630.

ERRATA.

(Séance du 23 juillet 1928.)

Note de M. *R. Levaillant*, Nouveau mode d'obtention des éthers sulfuriques neutres :

Page 236, ligne 25, *au lieu de* $d^{14^\circ,5} = 1,185$) : 31,66, *lire* $d^{14^\circ,5} = 1,187$) : 31,63.

(Séance du 3 décembre 1928.)

Note de M. *Henri Bénard*, Sur les tourbillons alternés dus à des obstacles en lames de couteau :

Page 1030, figure : 1° L'axe des abscisses doit être abaissé de 6^{mm} exactement. — 2° Les divisions de l'axe des ordonnées sont fausses. Le chiffre 0,100 est seul bien placé, à 25^{mm} exactement au-dessus de l'axe des abscisses supposé corrigé. Ces 25^{mm} donnent l'intervalle fondamental pour effectuer la correction des autres divisions de l'axe des ordonnées. — 3° Les divisions des abscisses sont légèrement trop faibles : ainsi le point extrême à droite et en haut a pour abscisse $R = 1160$ (et non $R = 1200$).

(Séance du 10 décembre 1928.)

Note de M. *Paul Delens*, Sur le calcul des opérations sphériques :

Page 1108, ligne 6, *au lieu de* nouvelle, *lire* normale; dernière ligne, *au lieu de* $-\varphi(\mathcal{H}) = 0$, *lire* $\varphi(-\mathcal{H}) = 0$.

Note de M. *Mandelbrojt*, Une généralisation d'un théorème de M. Hadamard :

Page 1116, dernières lignes de la Note, *lire* que les points $-\log\omega - \log\alpha$, où α est un point singulier quelconque de $\Sigma a_n z^n$ et où ω est un multiple d'un nombre quelconque de puissances quelconques des facteurs qui sont les affixes de la frontière de l'étoile de $\Sigma(\lambda_n - n)z^n\left(\overline{\lim}\sqrt[n]{|a_n|} = 1\right)$.

FIN DU TOME CENT-QUATRE-VINGT-SEPTIÈME.

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

TABLES ALPHABÉTIQUES.

JUILLET — DÉCEMBRE 1928.

TABLE DES MATIERES DU TOME 187.

A

B

C

D

E

F

G

H

I

J

K

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

U

V

X

Y

Z

TABLE DES AUTEURS.

A

B

C

D

E

F

G

H

I

J

K

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

U

V

W

Y

Z

GAUTHIER-VILLARS ET Cie, IMPRIMEURS-LIBRAIRES DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES
85977-29 Paris. — Quai des Grands-Augustins, 55.